

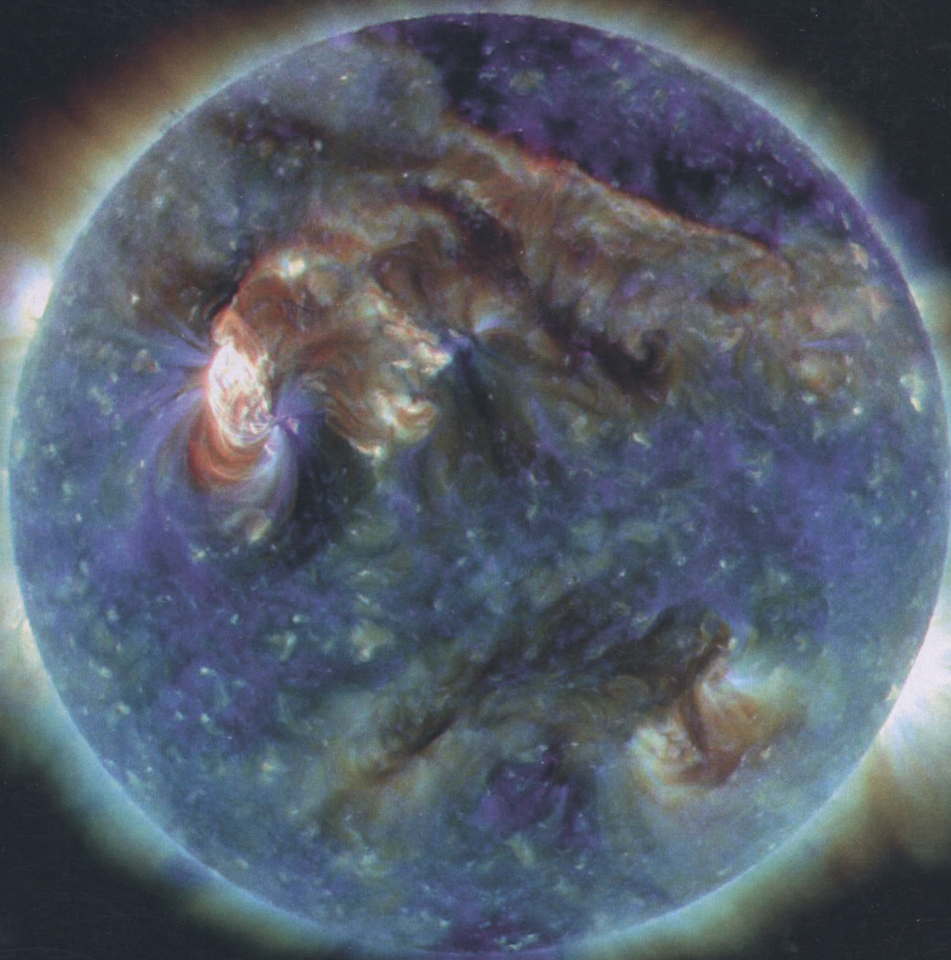
ISSN 0044-3948

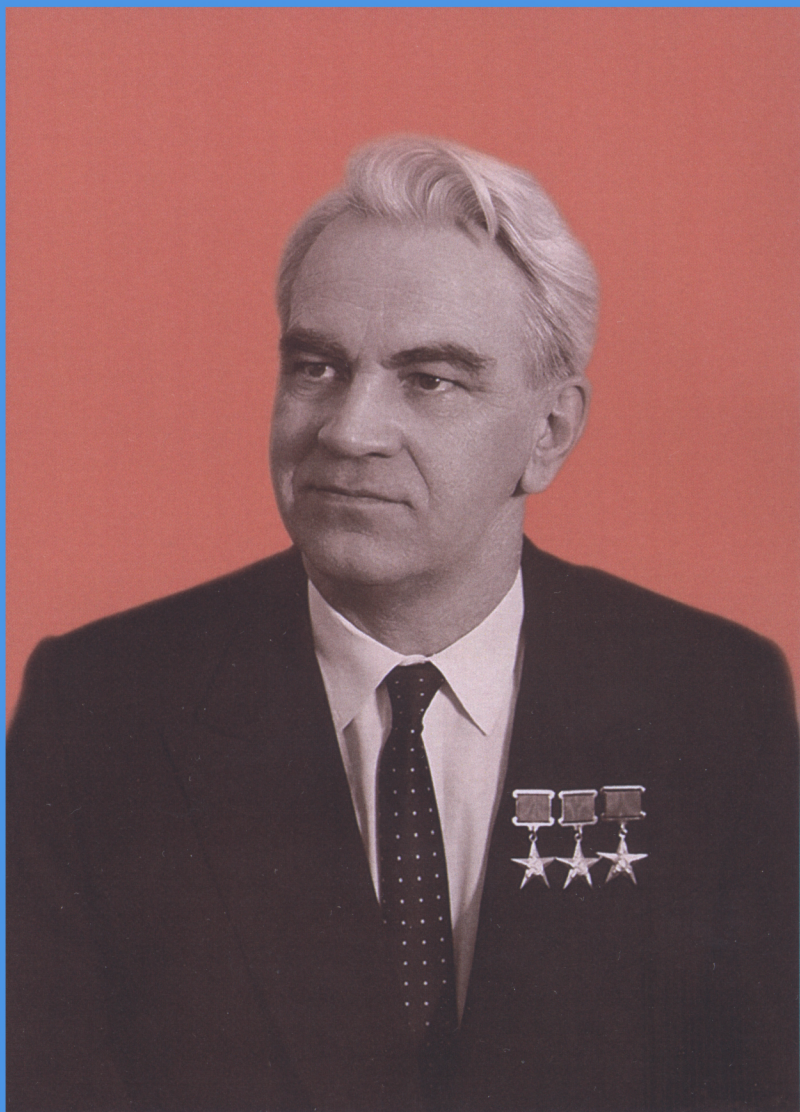
ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ

1/2011



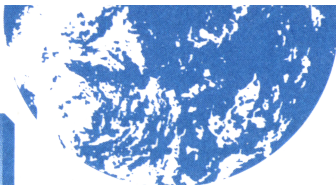


*Мстислав Всеволодович Келдыш
(к 100-летию со дня рождения)*

Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
“Наука”
Москва

Земля и Вселенная

1/2011



Новости науки и другая информация: Солнце в августе – сентябре 2010 г. [18]; Оранжевая для космонавтов [20]; Роль МКС в будущих межпланетных полетах [46]; Академик Р.А. Сюняев – профессор Принстона [61]; Этапы метеоритной бомбардировки Луны [84]; Рудные месторождения формируются бактериями [106]; Двадцать пятая экспедиция на МКС [109]

В номере:

- 3 ОБРИДКО В.Н. Циклы солнечной активности и особенности 23-го цикла
21 ОЗЕРОВ А.Ю., ГОРДЕЕВ Е.И. Извержение вулкана Эйяфьятль в 2010 году

ЛЮДИ НАУКИ

- 31 **АКИМ Э.Л.**, БОРОВИН Г.К. Мстислав Всеволодович Келдыш (к 100-летию со дня рождения)
39 НЕФЕДЬЕВА А.И., НЕФЕДЬЕВ Ю.А. Анатолий Алексеевич Нефедьев (к 100-летию со дня рождения)

ОБСЕРВАТОРИИ, ИНСТИТУТЫ

- 47 КУЗЬМИНОВ В.В. Баксанская нейтринная обсерватория

ПЛАНЕТАРИИ

- 62 БЕЛОВ В.В. Планетарии России

ЗАРУБЕЖНАЯ КОСМОНАВТИКА

- 72 ЛИСОВ И.А. Космонавтика Китая

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 85 ПИНИГИН Г.И., ТОЛБИН С.В. Шедевры астрономической техники XIX века

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 97 ЧУЛКОВ Д.А. Небесный календарь: март – апрель 2011 г.

ПОГОДА ЗЕМЛИ

- 102 ПАРШИНА Л.Н. Аномальное лето 2010 года на европейской территории России
107 Указатель проблемных статей по астрономии, космонавтике и наукам о Земле, опубликованных в “Земле и Вселенной” в 2008–2010 гг.



Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Edition V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

На стр. 1 обложки: Солнце. Видны глобальный выброс коронального вещества почти со всего солнечного диска, обращенного в сторону Земли, участки короны с температурой плазмы до 2×10^6 K, волновые движения, волокна и вспышка класса C3. Синтезированное изображение в трех спектральных областях крайнего УФ-излучения получено 1 августа 2010 г. космической "Обсерваторией солнечной динамики". Фото NASA (к статье В.Н. Обридко).

На стр. 3 обложки: Извержение вулкана Эйяфьятль в Исландии. Вверху – выброшенная туча пепла и золы над сельскохозяйственной фермой, расположенной поблизости от вулкана. 16 апреля 2010 г. Фото Б. Гаути. Внизу – пепловая туча над кратером вулкана. Аэрофотоснимок. 17 апреля 2010 г. Фото А. Ториссон (к статье А.Ю. Озерова и Е.И. Гордеева).

На стр. 4 обложки: Звездобразование в туманности IRAS 22298+6505, находящейся на расстоянии 2500 св. лет в созвездии Цфея. Изображение в условных цветах составлено из снимков, полученных космической инфракрасной обсерваторией "WISE". Сентябрь 2010 г. Фото NASA/JPL.

In this issue:

- 3 OBRIDKO V.N. Solar Activity Cycles and peculiarities of the 23rd Cycle
- 21 OZEROV A.Yu., GORDEEV E.I. Eruption of Eyjafjallajokull volcano in 2010

PEOPLE OF SCIENCE

- 31 AKIM E.L., BOROVIN G.K. Mstislav Vsevolodovich Keldysh (to the 100th anniversary of birth)
- 39 NEFEDYEVA A.I., NEFEDYEV Yu.A. Anatoly Alexeyevich Nefedyev (to the 100th anniversary of birth)

OBSERVATORIA, INSTITUTES

- 47 KUZ'MINOV V.V. Baksan Neutrino Observatory

PLANETARIA

- 62 BELOV V.V. Planetaria of Russia

FOREIGN COSMONAUTICS

- 72 LISSOV I.A. Chinese Cosmonautics

HISTORY OF SCIENCE

- 85 PINIGIN G.I., TOLBIN S.V. Masterpieces of Astronomical Equipment of the 19th Century

AMATEUR ASTRONOMY

- 97 CHULKOV D.A. Celestial Calendar: March – April 2011

WEATHER OF EARTH

- 102 PARSHINA L.N. Anomalous Summer of 2010 on the European Territory of Russia
- 107 Index of problem articles on Astronomy, Cosmonautics and Earth Sciences published in "Earth and Universe" in 2008–2010

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ
Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,
доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,
доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,
член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,
доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР,
доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,
академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

Циклы солнечной активности и особенности 23-го цикла

В.Н. ОБРИДКО,
доктор физико-математических наук
ИЗМИРАН

19–20 декабря 2009 г. в ГАИШ МГУ прошло организованное Астрономическим обществом совещание-дискуссия на тему “Циклы активности на Солнце и звездах”. Идея проведения этого мероприятия родилась во время заседаний Генеральной ассамблеи МАС в Рио-де-Жанейро, где многие доклады касались этой тематики (Земля и Вселенная, 2010, № 4). Ученые многих стран согласны в оценке чрезвычайной необычности 23-го цикла солнечной активности, но при этом смотрят на поведение цикла по-разному. Очевидно, что некоторые из наших представлений о типичных формах развития цикличности и моделях их генерации на Солнце и звездах нуждаются в уточнении или даже



пересмотре. Неожиданно оказалось, что эти особенности перекликаются также с весьма актуальной проблемой глобального потепления климата Земли и природы этого потепления. В самом деле, до настоящего времени антропогенные факторы и солнечная активность действовали в одном направлении, увеличивая температуру Земли. Однако раз-

делять эти два фактора не удавалось. Для этого существовали только сильно отличающиеся друг от друга теоретические оценки. Сейчас появляется возможность экспериментально разделить степень влияния антропогенных и космических факторов.

Необычно затянувшийся минимум в конце 23-го цикла поставил перед исследователями ряд проблем. Более того, ход этого цикла по многим параметрам был аномальным. Являются ли эти аномалии чем-то исключительным или они вписываются в общий диапазон вариаций циклов активности на Солнце и звездах? На совещании в ГАИШ МГУ обсуждались следующие вопросы:

– в каких характеристиках солнечной активности проявляется

аномальное поведение 23-го цикла;

– можно ли ожидать, что мы находимся накануне сильного спада солнечной активности;

– в чем общность и различие циклов активности на Солнце и звездах;

– могут ли современные теории объяснить

сильные вариации высоты циклов (до одного порядка величины) для одной и той же звезды;

– как зависят характеристики активности от возраста и скорости вращения звезды;

– какова была активность молодого Солнца, и имела ли она космогоническое и био-

логическое значение;

– можно ли использовать периоды низкой солнечной активности для уточнения степени вклада космических факторов в вариации климата Земли.

Расскажем о некоторых результатах обсуждения этих вопросов.

СОЛНЕЧНАЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ

Вообще говоря, трудно найти человека (хотя недавно я такого встретил), который не слышал о солнечной цикличности и 11-летнем цикле. Если к туманным представлениям о солнечной цикличности добавить еще несколько терминов (солнечное пятно, вспышка и магнитная буря), то часто этим, к сожалению, и ограничивается “джентльменский” набор знаний о Солнце и его активности. На самом деле солнечный цикл – довольно сложное явление, в котором много загадочного.

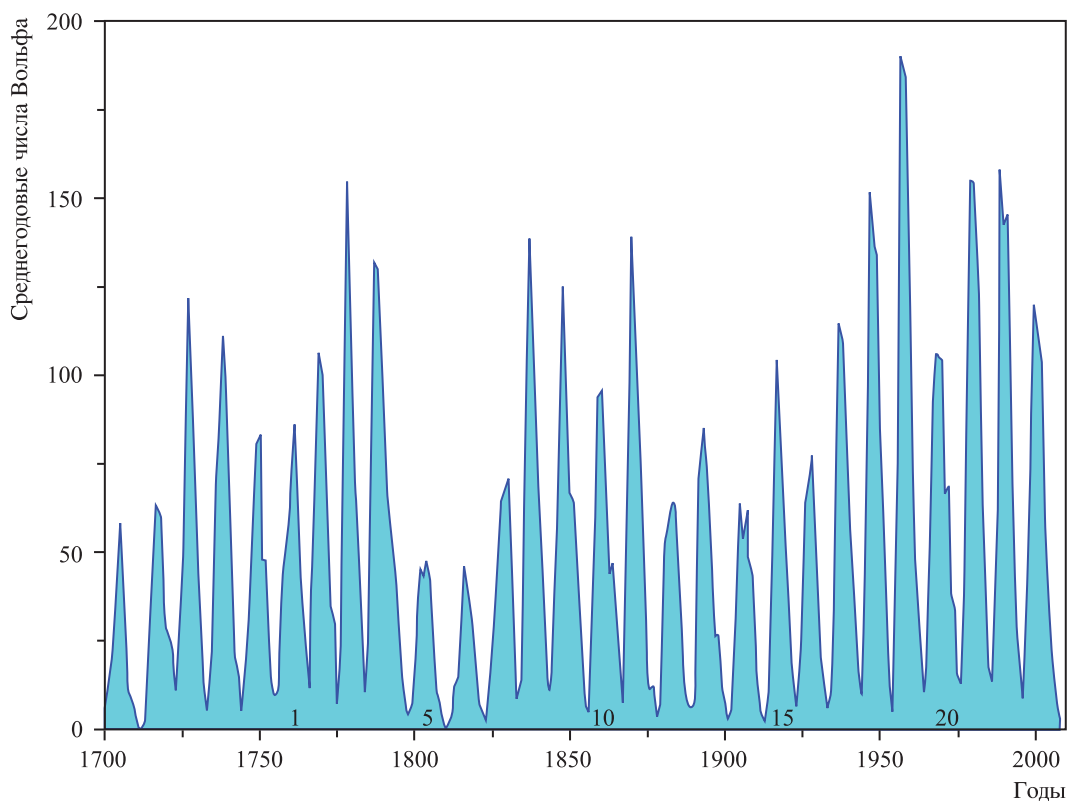
Солнечная цикличность представляет собой основной календарь деятельности Солнца. Практически все явления на Солнце в той или иной мере связаны с основным циклом. Иногда между частотой появления этих процессов есть значительные сдвиги по времени, иногда они даже происходят в противофазе, но практически нет явлений солнечной

активности, в которых отсутствовала бы 11-летняя цикличность. В среднем продолжительность цикла близка к **11,2 года**, но существуют циклы длительностью от 8 до 17 лет. Началом цикла считается период минимума. Всем циклам присвоены номера, причем по традиции первым (циклом № 1 по цюрихской нумерации) считается цикл, начавшийся в 1755 г., а в 1979 г., 1990 г. и 2000 г. наблюдались максимумы 21-го, 22-го и 23-го циклов соответственно. Следует отметить, что надежные наблюдения начались только в 1848 г., то есть во второй половине 9-го цикла. Более ранние значения чисел Вольфа (W) восстановлены по отрывочным наблюдениям и косвенным данным, их надежность (по крайней мере, до начала регистрации Г. Швабе в 1826 г.) иногда подвергается сомнению. В частности, вызывает удивление очень большой интервал (17 лет) между максимумами 4-го и 5-го циклов. Предполагается, что в этом

промежутке был пропущен слабый солнечный цикл.

Вообще говоря, солнечный цикл имеет не столько энергетическое, сколько календарное значение. Первый вопрос, который задается при анализе того или иного события: какова была фаза солнечного цикла? Цикл проявляется в локальных и глобальных масштабах, хотя при этом часто наблюдаются значительные сдвиги по фазе. Поэтому можно говорить о едином цикле активности, в котором физически взаимодействуют разные процессы, несколько сдвинутые по времени, но имеющие единый характерный временной масштаб периодичности.

Первооткрывателем цикла солнечных пятен был немецкий астроном-любитель аптекарь Генрих Швабе из Дессау. Надеясь открыть планету, более близкую к Солнцу, чем Меркурий, он с 1826 г. в течение 25 лет упорно регистрировал все пятна. Через 17 лет,



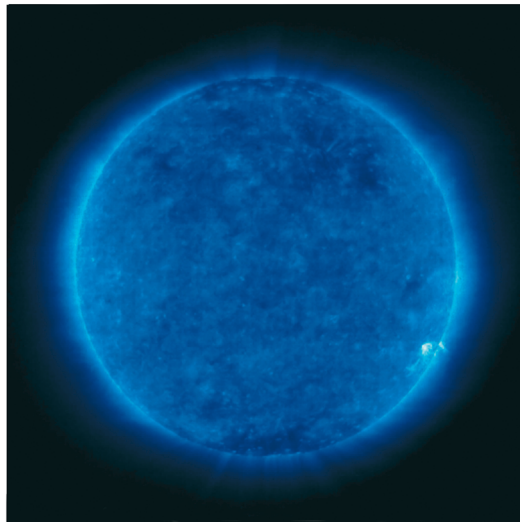
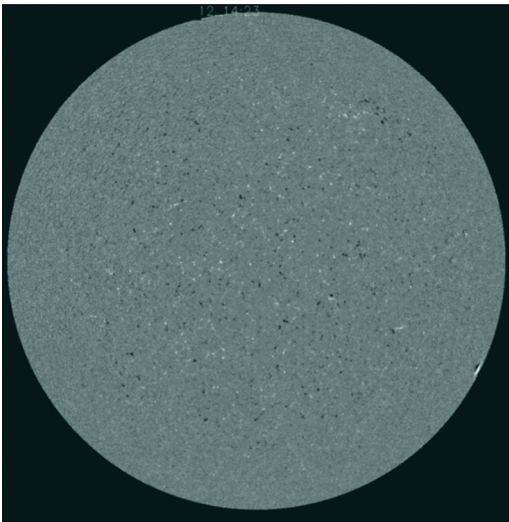
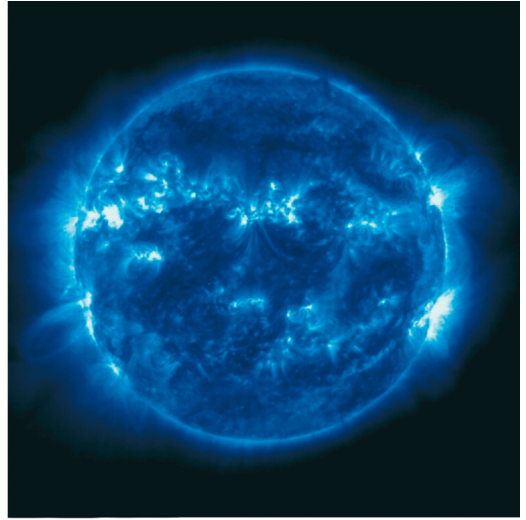
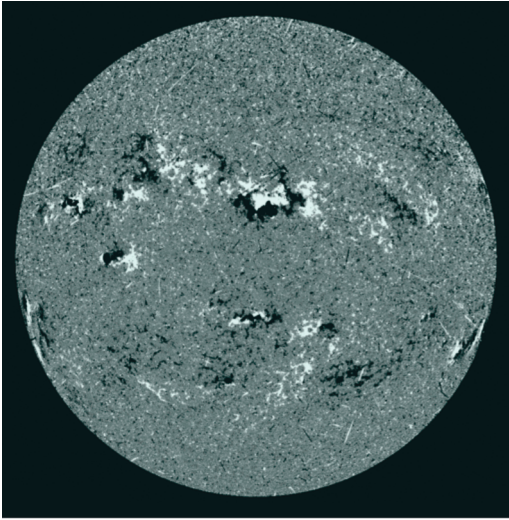
в 1843 г., он объявил, что число пятен меняется с периодом около 10 лет. На его открытие, как это часто бывает, никто не обратил внимания. Только в 1851 г., когда убедительные таблицы Г. Швабе были опубликованы А. Гумбольдтом, открытие признали. Регулярные научные наблюдения начал Рудольф Вольф в 1848 г. в Берне, а затем в Цюрихе. В качестве меры пятнообразовательной деятельности он ввел *относительное число солнечных пятен (индекс Вольфа)*. В настоящее время употребляются также названия “число Вольфа”, “цюрихское число солнечных пятен”, “международное число

солнечных пятен”. Благодаря тому что пятна можно наблюдать с помощью простейших телескопов, **индекс W** стал наиболее распространенным, а периодическое увеличение числа пятен стало естественной и известной мерой циклической деятельности Солнца.

В 1990-х гг. Д. Хойт и К. Шаттен проделали гигантскую архивную работу по созданию нового временного ряда другого индекса пятнообразовательной деятельности — относительного числа групп солнечных пятен (*GSN*). В частности, этот ряд включает в себя беспрецедентные по регулярности для XVII в. наблюдения Солнца во

Среднегодовые числа Вольфа. Обозначены циклы 1, 5, 10, 15, 20.

Франции (главным образом Жана Пикара и Филиппа де ла Гира) во время Маундеровского минимума. Эти данные не были использованы Вольфом при конструировании ряда $W(t)$. **Индекс GSN** не нов: число групп *G* приводилось в Гринвичских каталогах, выходящих с 1874 г. Хойт и Шаттен только снабдили его множителем 12,08, относящим *GSN* к шкале Вольфа.



Кроме упомянутых трех индексов, опирающихся на наблюдения пятен, для описания солнечной активности гелиофизики используют многие другие индексы: поток излучения на различных длинах волн: радиоизлучение на волнах 10,7 см и 3 см (в единицах солнечного радиопотока), в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах, интегральный поток, ве-

личину магнитного поля при измерении Солнца как звезды (напряженность магнитного поля в пятнах, проинтегрированный по поверхности Солнца поток магнитного поля). Учитываются также индекс вычисленного потока в открытых конфигурациях, число вспышек и корональных выбросов массы, излучение короны в зеленой, желтой и красной линиях.

Так меняется Солнце от максимума 11-летнего цикла к минимуму. Вверху: магнитное поле на Солнце и снимок Солнца в линии 171 Å (максимум 23-го цикла) 14 июля 2000 г. На магнитограмме белым цветом показана положительная (северная) полярность, черным – отрицательная (южная). Видно много активных областей. Цвета условные. Внизу то же самое, но в минимуме цикла (11 декабря 2008 г.). Активные области полностью исчезли.

Общим недостатком всех этих индексов является краткость ряда данных, в большинстве случаев данные имеются только за последние два-три цикла, наиболее длинный – ряд чисел Вольфа. Для специальных сопоставлений эти индексы могут быть очень полезны.

Перечислим наиболее известные закономерности цикла солнечных пятен.

1. Пятна нового цикла возникают за несколько лет до минимума на относительно высоких широтах ($35\text{--}40^\circ$). С течением времени зона пятнообразования перемещается на все более низкие широты, приближаясь к экватору. Но в непосредственной близости к экватору в пределах $\pm 5^\circ$ пятна появляются редко. Этот закон часто называют **законом Шпеллера**, а график зависимости положения пятен от времени и широты – **диаграммой бабочек Маундера**.

2. В каждом следующем цикле по отношению к предыдущему картина полярности пятен изменяется на обратную. Это указывает на то, что в физическом смысле основным является не 11-летний, а 22-летний цикл. Тогда возникает вопрос: что считать началом 22-летнего цикла? Если бы все 11-летние циклы были одинаковы, этот вопрос был бы бессмысленным. Оказалось, что обычно четный цикл является менее мощным,

чем следующий за ним нечетный, более того, наблюдается высокая корреляция между четным и следующим нечетным циклами и низкая – между нечетным и следующим четным циклами. Это правило, объединяющее соседние 11-летние циклы в пары, называется **правилом Гневешева – Оля**. Первоначально в качестве характеристики мощности цикла была использована сумма среднегодовых значений чисел Вольфа за весь цикл. Позднее М. Копецкий изменил формулировку этого правила, используя в качестве характеристики мощности цикла значения числа Вольфа в максимуме цикла. Это правило оказалось нарушенным в 4–5-м и 22–23-м циклах.

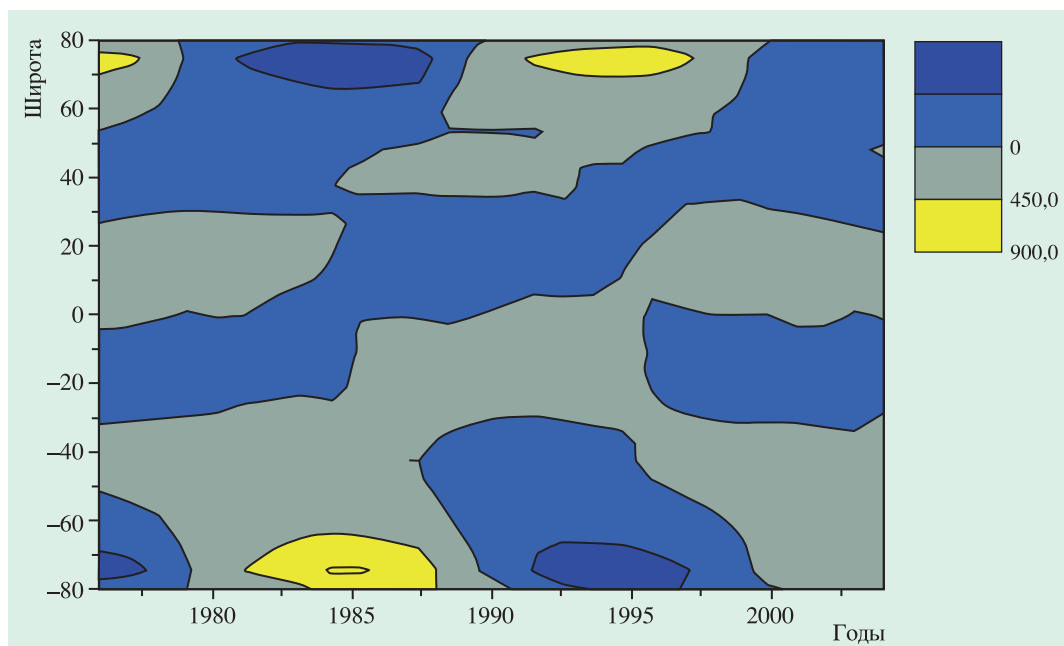
3. Первые пятна нового цикла появляются задолго до минимума, то есть раньше, чем исчезают пятна предыдущего цикла. Циклы как бы существуют одновременно, но на разных широтах. Это дало основание предположить, что истинная длина цикла не 11, а 15–17 лет. В этом случае говорят о расширенном цикле.

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ
НА СОЛНЦЕ

Крупномасштабное магнитное поле также изменяется с 11-летним циклом. Строго говоря, под крупномасштабным магнитным полем сле-

дует понимать все поля за пределами активных областей. В этом смысле они распространены по всей поверхности Солнца и не ограничиваются каким-либо поясом широт. Если мы выделяем среди них масштаб, сравнимый с радиусом Солнца, такое поле принято называть **глобальным**. Можно измерять поле вблизи полюсов Солнца, такое поле следует называть **полярным**. Можно просто анализировать характеристики **поля на поверхности источника**, которое полностью определяется только полями с самым большим масштабом. Можно выделить отдельно **дипольную** или **квадрупольную составляющие**. Существует термин **“общее магнитное поле Солнца”**, которое не имеет четкого физического определения и часто отождествляется с крупномасштабным полем. И, наконец, еще можно говорить о **магнитном поле Солнца как звезды**. Все эти поля тесно связаны друг с другом, сходным образом зависят от времени, но различие между ними часто игнорируется. Необходимо учитывать, что эти поля с физической точки зрения совершенно разные объекты и, вообще говоря, в различных приложениях могут выступать по-разному.

Крупномасштабные поля простираются по всей поверхности Солнца. В отличие от локальных полей с течением време-



ни они дрейфуют к полюсам. Часто утверждают, что крупномасштабное поле изменяет свой знак в максимуме цикла локальных полей. Это утверждение не совсем корректно. Оно относится только к полярному полю, либо к дипольной составляющей крупномасштабного поля (**переполусовка**). На разных широтах смена знака крупномасштабного поля происходит на различных фазах цикла.

Дипольное поле изменяется в противофазе с локальными полями. Однако неверно представление об исчезновении дипольной составляющей в период максимума циклов. Можно вообразить себе следующую картину. Солнечный диполь подвижен в теле Солнца. В течение минимума цикла полюс дипо-

ля располагается вблизи оси вращения Солнца, совершая при этом перемещения по долготе, напоминающие прецессию с характерным временем порядка двух лет. Затем он перемещается в экваториальную зону, где располагается в максимуме цикла. Эта ситуация соответствует тому, что называют переполусовкой полярного поля. Затем диполь перемещается в другую полусферу Солнца.

Особое значение имеют области “открытых” магнитных полей. Условно под **открытым** принято понимать поле, силовые линии которого достигают зоны, где преобладает солнечный ветер. Силовые линии открытого поля свободно уходят в космическое пространство и образуют магнитную структуру ге-

Зависимость средних значений солнечного радиального магнитного поля от времени и широты. Справа – шкала калибровки средних значений поля в микротеслах.

лиосферы. Хотя силовые линии заполняют всю гелиосферу (в рамках традиционной модели – всю поверхность источника), на уровне фотосферы или в нижней короне они обычно обрисовывают собой довольно ограниченные детали. Открытые поля – тот агент, который приводит к возникновению корональных дыр. В минимуме цикла открытые поля образуют нечто вроде полярной шапки. С приближением максимума они становятся многосвязными и сдвигаются к средним

и экваториальным широтам. В минимуме они могут существовать без значительных изменений несколько лет, в максимуме их характерное время жизни – несколько оборотов Солнца.

КАК ВОЗНИКАЮТ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ НА СОЛНЦЕ И ЗВЕЗДАХ

До сих пор мы говорили о циклах локальных и крупномасштабных полей как о вариации двух независимых объектов. На самом деле они, конечно, теснейшим образом связаны. Крупномасштабные поля, по-видимому, поставляют тот материал, из которого и формируются локальные поля. Обратная ветвь (то есть восстановление крупномасштабного поля) пока не ясна. **Механизм Бэбкока – Лейтона**, в котором крупномасштабное поле формируется из остатков активных областей, встречает ряд трудностей. Более того, в многочисленных работах коллег из ГАО РАН показано, что развитие цикла локальных полей повторяет цикл полярного поля со сдвигом на полцикла. Организующая роль крупномасштабных полей видна в концентрации мощных активных областей у границ секторной структуры.

Вопрос о соотношении локальных и фоновых полей имеет большое значение для понимания природы и механизмов

возникновения магнитного поля на Солнце. До настоящего времени конкурируют два основных направления. В **первом** фоновые глобальные поля – часть крупномасштабных, глубоко укорененных магнитных полей, возникающих на глубине $0.72 R_{\odot}$. Мощные локальные поля являются следствием действия того же механизма, но с возможным дополнительным усилением в приповерхностных слоях Солнца, поэтому изменения сильных локальных полей с некоторым временным сдвигом повторяют изменения фоновых полей. У этого направления есть ответвление, в котором первичное крупномасштабное поле не является глубинным, но все равно должен существовать сдвиг во времени между фоновыми и локальными полями, и их общая структура должна различаться. Во **втором** направлении фоновые поля являются продуктом распада локальных полей и строительным материалом для последующего цикла. В этом случае можно было бы ожидать сдвига по времени в другую сторону и близкого сходства общего распределения полей разной мощности на поверхности Солнца.

Эта ситуация наталкивается на не всегда однозначное определение основных терминов. Традиционно под локальными полями понимают магнитные поля солнечных

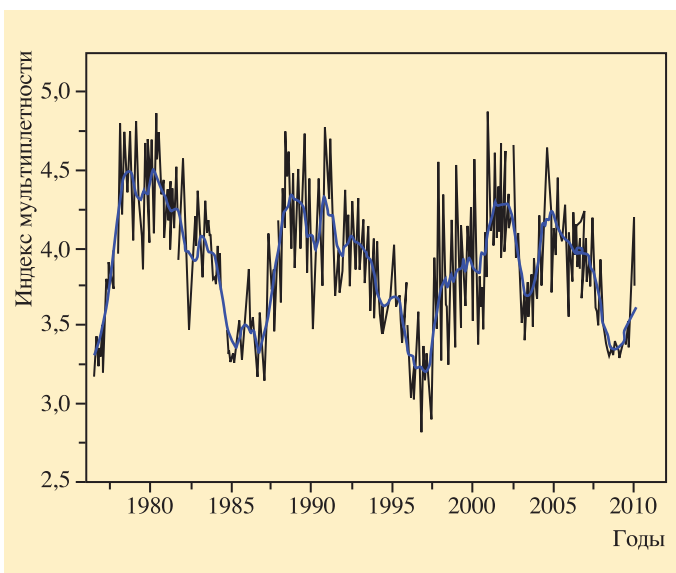
пятен. Их напряженность превышает 2 тыс. Гс. Однако более логично их называть **полями активных областей** (факелы, флоккулы, поры и микропоры), которые имеют напряженности от сотен до 1–2 тыс. Гс. Вопрос о том, какова минимальная напряженность локальных полей, имеет большое значение для теории динамо. Иногда граница кальциевого флоккула проходит по линии, где напряженность магнитного поля равна 25 Гс.

Упомянем о еще одной не решенной до конца задаче – это пространственная локализация локальных и фоновых полей. В основном локальные поля располагаются в центральной (“королевской”) зоне на широтах $\pm 30^\circ$. Имеются на этих широтах и фоновые поля или они наблюдаются только на высоких широтах, до сих пор не ясно.

НЕКОТОРЫЕ АНОМАЛИИ 23-го ЦИКЛА

Приведенный нами ниже отбор аномалий, конечно, субъективен и не претендует на полноту.

1. В 2008 г. в течение 265 суток на Солнце пятен отсутствовали. За последние 160 лет только в 1878 г., 1901 г. и 1913 г. беспятенных дней было больше, чем в 2008 г. По числу солнечных пятен минимум, наблюдавший-ся в декабре 2008 г., был самым глубоким за последние 75 лет.



Индекс эффективной мультиплетности в 1976–2010 гг. Индекс мультиплетности вычисляется как логарифм отношения энергии магнитного поля на большой высоте (около 2,5 радиуса Солнца от центра Солнца) к энергии поля на уровне фотосферы. Поскольку скорость падения поля с высотой зависит от пространственного масштаба, его изменение со временем характеризует изменение со временем структуры поля. При калибровке наименьшее значение, соответствующее глобальному диполю, равно 3 и обычно достигается только в глубоком минимуме цикла. Черным цветом показаны среднемесячные значения, синим – сглаженная по 12 месяцам кривая.

2. Значения магнитного поля на полюсах Солнца на 40% ниже, чем в предыдущем цикле, а в целом за 30 лет оно уменьшилось более чем в два раза.

3. Наблюдается постепенное падение напряженности магнитных полей солнечных пятен. Этот совершенно неожиданный результат, полученный В. Ливингстоном и М. Пенном, если подтвердится, может привести к совершенно новому пониманию циклической вариации солнечной активности. Дело в том, что фактически все наши представления о циклической деятельности Солнца опираются на вариацию числа солнечных пятен при их наблюдении в оптическом диапазоне. Однако по расчетам Ливингстона и Пенна, если продлить прямую на их графике, через 10–15 лет напряженности упа-

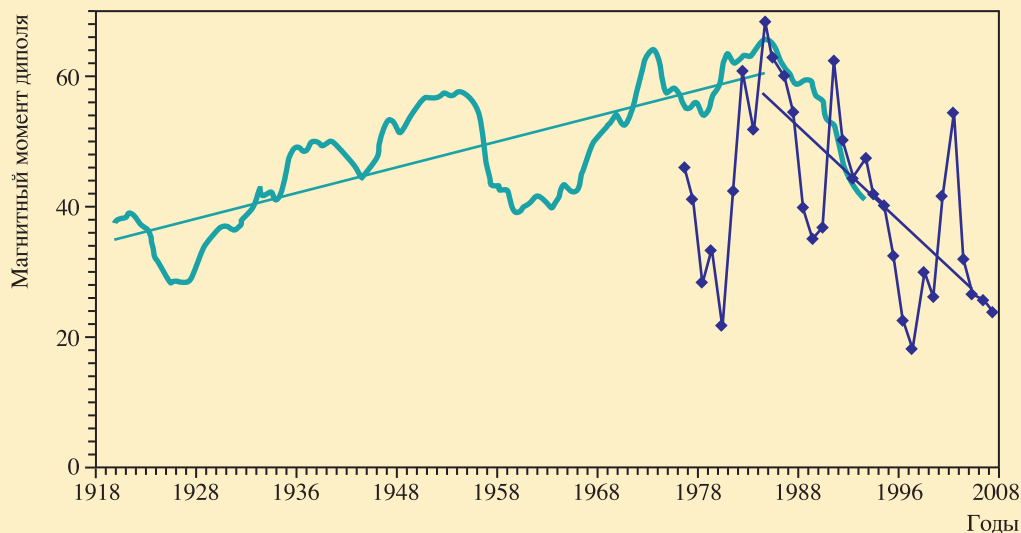
дут до тех значений, при которых магнитное поле уже не может останавливать конвекцию в приповерхностных слоях. Это может привести к парадоксальной ситуации, когда на Солнце не будет оптически наблюдаемых пятен.

4. В конце каждого цикла структура магнитного поля на Солнце сильно упрощается. Исчезают магнитные поля на небольших участках поверхности, и на Солнце остается только глобальное магнитное поле, напоминающее магнитное поле Земли. Именно оно становится строительным материалом для возникновения пятенного цикла. В 23-м цикле этот процесс был аномальным. С одной стороны, магнитное поле на полюсах Солнца оказалось значительно меньшим, чем ожидалось. С другой стороны, исчез-

новение приэкваториальных структур среднего масштаба было выражено гораздо слабее, чем обычно, что отсрочило наступление фазы минимума.

5. Для характеристики вклада полей разных масштабов применяется **индекс эффективной мультиплетности**. В минимуме цикла он всегда приближается к своему дипольному значению – трем, а в максимуме с учетом вклада полей меньших пространственных значений приблизительно равен пяти. В 23-м цикле после спада в 2003 г. почти до своего дипольного значения индекс мультиплетности снова вырос и опустился только к началу 2009 г.

6. В 2003 г. наблюдался резкий всплеск скорости солнечного ветра в плоскости эклиптики. Скорость солнечного ветра вблизи Земли в этом ми-



нимуме в 2008 г. выросла на 13% по сравнению с предыдущим циклом. В тот же период плотность солнечного ветра уменьшилась по сравнению с 22-м циклом на 45%, а магнитное поле — на 15%. По данным АМС “Улисс”, пролетавшей над полюсами Солнца, то же самое произошло и с полярным солнечным ветром: магнитное поле стало ниже на 35%, а плотность — на 20%. Анализ данных о мерцаниях при радиопросвечивании внегалактических источников показал, что 2003 г. отличался и аномалией характеристик солнечного ветра. Учитывая перечисленные факты, трудно отказаться от впечатления, что 23-й цикл состоял как бы из двух частей — до 2003 г. и после него.

7. В соответствии с теорией динамо, наблю-

даемые нами тороидальные локальные магнитные поля, с которыми и связаны солнечные пятна, формируются из полоидальных магнитных полей. Главным компонентом тороидального поля считают глобальный солнечный диполь, поэтому с ростом магнитного момента солнечного диполя повышается активность локальных полей, и, наоборот, его уменьшение должно приводить к понижению активности. Так и происходило на протяжении почти 70 лет (1915–1982). Магнитный момент диполя постепенно возрастал, и вместе с ним постепенно увеличивалась солнечная активность. Однако затем подъем сменился резким спадом. Сейчас можно уверенно говорить о спаде магнитного момента в течение последних трех

Изменение магнитного момента глобального солнечного диполя в 1918–2008 гг. Магнитный момент растет до 1984–1985 гг., а потом резко падает. Толстая зеленая кривая была получена нами по данным до 1985 г. Более поздние данные показаны тонкой синей линией. Видно, что в 1982 г. рост момента сменился резким спадом. Прямые линии показывают линейную аппроксимацию данных раздельно для 1918–1980 гг. и 1980–2008 гг.

циклов после 1981 г. (см. стр. 1 обложки).

Вместе с упомянутым выше фактом уменьшения полярного поля полученные данные приводят к выводу о том, что мы стоим накануне ряда невысоких циклов активности или протяженного минимума. Можно ожидать, что солнечная активность в ближайших двух циклах будет иметь

среднюю величину и относительное число солнечных пятен в максимуме 24-го цикла, который ожидается в 2012 г., и не будет превышать 80–100 единиц.

КАК СОЛНЦЕ ВЛИЯЕТ НА ЗЕМЛЮ

1 сентября 1859 г. английский астроном-любитель Р. Кэррингтон вел обычные зарисовки солнечных пятен, и в какой-то момент его внимание привлекли четыре небольших ярких пятнышка в большой группе пятен. Это было первое наблюдение очень мощной солнечной вспышки. Через 17 ч 40 мин в Америке и Европе были зарегистрированы серьезные нарушения проводной телеграфной связи (подводная и подземная кабельная сеть), которые продолжались несколько часов. Той же ночью полярные сияния появились в небе Рима, Гаваны и Гавайских островов — единственный случай их наблюдения вблизи экватора. Поскольку в данном случае нам точно известен момент максимума вспышки (узлы вспышки в “белом” свете видны в моменты максимального выделения энергии), можно вычислить время распространения возмущения от данной вспышки до Земли. Оно оказалось рекордно малым. Это была самая мощная за всю историю наблюдений солнечная вспышка, которая к тому же

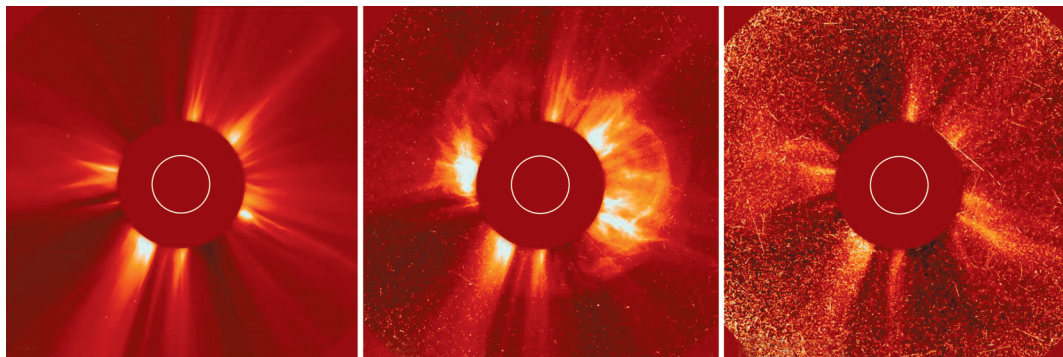
произошла в наиболее геоэффективном месте солнечного диска.

По существу, мы и сегодня не знаем всех форм воздействия Солнца на Землю. Процедура установления какого-либо эффекта состоит в том, что сначала заподозренную связь мы проверяем статистически. Очень часто первые результаты бывают на пределе статистической достоверности и вызывают возражения. Можно, в частности, упомянуть опровержения такого очевидного явления, как солнечное происхождение геомагнитных бурь. Например, даже великий лорд Кельвин отрицал эту связь. Еще несколько десятков лет назад находились сторонники эндогенного происхождения бурь. Тем не менее, если эффект действительно существует, последовательные исследования приводят к установлению **статистически достоверного результата**. Далее наступает период осмысливания и физической интерпретации. Если удастся построить непротиворечивую теорию процесса и понять основной механизм, явление можно назвать **физически достоверным**.

К уже точно установленным явлениям связи процессов на Земле и на Солнце можно отнести возникновение магнитных бурь. Они начинаются внезапно после солнечных вспышек и корональных выбросов

массы, а также рекуррентных магнитных бурь с прохождением по Солнцу активных областей и корональных дыр. Часто магнитные бури сопровождаются возмущениями в земной ионосфере, что приводит к нарушениям радиосвязи на коротких волнах и многочисленным помехам. Ранее, при использовании магнитного компаса, такое возмущение сильно затрудняло навигацию морских и воздушных судов, определение координат в экспедициях. Сейчас навигация использует в основном спутниковые системы типа GPS и ГЛОНАСС. Точность определения координат при этом от метров до 10 м. Однако в периоды магнитно-ионосферных возмущений эта точность падает в несколько раз. Такая погрешность может иметь самые серьезные последствия, скажем при слепой посадке самолетов или при поиске трубопроводов, зарытых в земле.

Функционирование приборов на космических аппаратах подвержено воздействию солнечной активности. Например, пришлось перенести на сутки запуск двух научных ИСЗ “Кластер-2” из-за внезапно начавшейся 15 июля 2000 г. магнитной бури. Кроме того, в это время был необычно высокий уровень интенсивности солнечных космических лучей, представлявших серьезную радиацион-



ную опасность. Через сутки уровень радиации снизился, активная фаза магнитной бури закончилась. Успешный старт состоялся в значительно более благоприятных условиях. В такой же ситуации оказался российский спутник “Океан-О”, выведенный на орбиту 17 июля 1999 г. В ночь на 16 июля 2000 г. резко возросла плотность атмосферы, и были приняты меры для сохранения его ориентации.

Магнитная буря приводит к нарушениям функционирования длинных проводных линий связи. Наведенные теллурические токи вызывают аварии на линиях передачи энергии, усиливают ржавление трубопроводов. При высокой солнечной активности учащаются аварии на всех сложных технических системах, включая атомные электростанции.

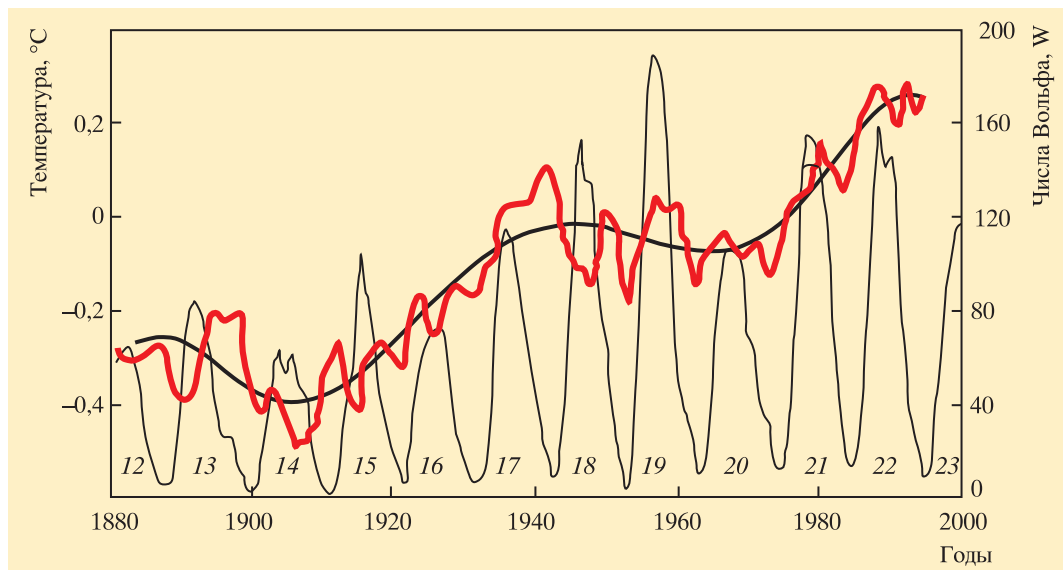
Многочисленные случаи отказов без видимых причин системы Сигнализации, Централизации и Блокировки (СЦБ) на высокоширотных участках российских железных

дорог были проанализированы вместе с данными о поведении геомагнитной активности в эти периоды. Оказалось, что сигналы о ложной занятости путей на Горьковской железной дороге и Няндомской дистанции Северной дороги появлялись именно в периоды главной фазы сильнейших геомагнитных бурь.

Существуют и другие статистически достоверные явления, однако механизм их процесса нам неизвестен. В таком случае возникает недоверие к результатам исследований. К этой группе явлений относятся солнечно-обусловленные биологические процессы, в том числе воздействие на здоровье людей, и солнечно-обусловленные атмосферные процессы, в том числе воздействие на погоду и климат. Установлено определенное воздействие геомагнитных событий на здоровье людей (Земля и Вселенная, 2009, № 4). Механизм влияния солнечной активности на погоду состоит в следующем. При увеличении солнечной

Солнце 14 июля 2000 г. Показана корона Солнца (цвета условные). Фото получено с помощью космической обсерватории “SOHO” телескопом-коронографом LASCO C2. Слева: 10 ч 30 мин, ситуация еще относительно спокойная, на Солнце много активных областей, корона имеет типичный для максимума цикла вид, но никаких нестационарных процессов пока нет. В центре: 10 ч 54 мин, после мощной вспышки появился и распространяется выброс коронального вещества, который на следующий день привел к мощной геомагнитной буре. Справа: 11 ч 30 мин, все приемники излучения на космическом аппарате обсерватории “SOHO” забиты пришедшими за десятки минут от Солнца к окрестностям Земли высокоэнергичными частицами.

активности повышаются напряженность магнитного поля в гелиосфере, плотность солнечного ветра и количество корональных выбросов массы. Все эти факторы, воздействуя на магнитосферу Земли, препятствуют доступу галактических космических лучей к Земле. Галактические космические лучи обычно ответственны за



возникновение ядер конденсации в земной атмосфере. Рост их потока приводит к увеличению облачности и влияет на глобальную электрическую цепь в атмосфере. Увеличение облачности уменьшает температуру Земли и наоборот. Здесь работают два эффекта: сокращение доступа солнечного излучения к Земле и парниковый эффект. В результате действия всех трех звеньев этой цепи возникает положительная корреляция характеристик солнечной активности и температуры Земли.

Конечно, ситуация не так проста и изложена намеренно упрощенно. Наблюдаемые эффекты сильно меняются от одной области на Земле к другой вплоть до изменения знака корреляции. Кроме того, вариация солнечной активности приводит к увеличению

потоков коротковолнового излучения Солнца и солнечных космических лучей. Тем не менее установлено, что солнечная активность может влиять на погоду и климат.

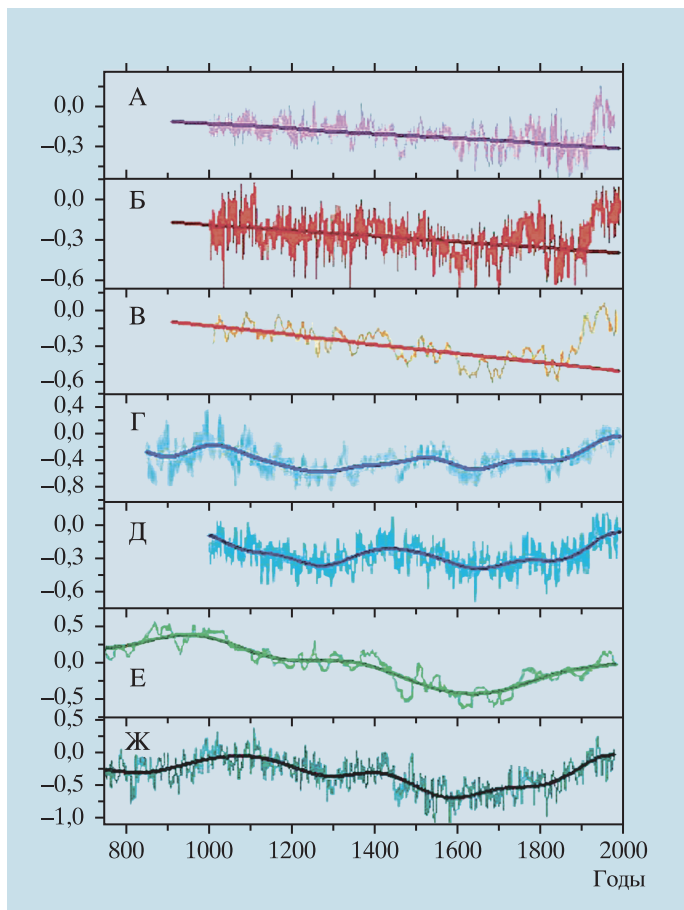
“ПРОБЛЕМА” 2012 г.

15 апреля 2009 г. телеканал “Вести” сообщил: “Ученые из американской Академии наук (NAS) считают, что 22 сентября 2012 г. наступит конец света. В этот день на Солнце произойдет несколько вспышек. Звезда выбросит в космос огромное количество раскаленных газов, и на нашей планете произойдут небывалые геомагнитные бури... В результате солнечной атаки ее последствия будут катастрофическими, и в следующие месяцы счет жертв пойдет на миллионы...” По существу, все это сообщение основано

Числа Вольфа (W) и ход температуры на Земле в 1880–2000 гг. (красным цветом показаны среднегодовые значения, толстая кривая — сглаженные значения). Цифры на графике — номера циклов солнечной активности.

на сплошных натяжках и недоразумениях. Ни одна солнечная вспышка не может привести к глобальным последствиям и, тем более, к миллионным жертвам. Мы знаем, что солнечные вспышки, воздействуя на околоземное космическое пространство, могут приводить к разного рода нарушениям в работе радиосвязи, транспортных систем, линий электропередач, к ухудшению здоровья людей. Но масштаб этих нарушений много меньше и уже найдены способы борьбы

Палеореконструкции температуры в Северном полушарии Земли в 800–2000 гг. по исследованиям разных авторов: А – Манн и др., США, 1999; Б – Джонс и др., Великобритания, 1998; В – Кроули и Лавери, США, 2000; Г – Эспер и др., Швейцария, 2002; Д – Брифф, Великобритания, 2000; Е – Лое-ле, США, 2007; Ж – Моберг и др., Россия, 2005. По оси ординат – средняя приземная температура.



с этими последствиями. Следующая натяжка состоит в указании точной даты этого события. Ни один специалист в мире не сможет предсказать солнечную вспышку более чем за три дня, да и этот прогноз пока не точен. Дело в том, что вспышка – принципиально стохастический процесс и возникает как следствие определенных неустойчивостей в сложных системах магнитного поля на Солнце. Поэтому в 2012 г. вероятность появления больших солнечных вспышек будет выше, чем сегодня, но указать даты конкретных вспышек невозможно. Авторы корреспонденции также намеренно переоценили возможную мощность этой вспышки: никогда в истории Земли за миллиарды лет таких событий не наблюдалось.

Следует заметить, что авторы американского доклада справедливо

обращают внимание на то, что современная техническая цивилизация стала гораздо более чувствительной к последствиям мощной вспышки на Солнце. Возможные отказы технических систем при мощном событии не исключены, и следует заблаговременно предусматривать возможные пути их устранения. Однако нарисованная апокалипсическая картина абсолютно исключена и может только дискредитировать реальную проблему. Можно предположить, что наибо-

лее мощные солнечные вспышки в текущем 24-м цикле, который, по мнению большинства специалистов, будет циклом средней величины, ожидаются в середине 2012 г. и, наиболее вероятно, в 2014–2016 гг.

“ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ” И СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ

Казалось бы, чисто научный вопрос о глобальном потеплении приобрел в последнее время особое значение, поскольку используется в неблагоприятных целях.

По существу, фигурируют два утверждения:

- имеет место потепление такого масштаба, который не наблюдался никогда на Земле;

- потепление определяется антропогенным фактором, и, если не будут приняты срочные меры к прекращению загрязнения атмосферы, человечество ждет катастрофа.

Можно ли считать факт глобального потепления доказанным? Лишь одна из палеореконструкций Северного полушария Земли (Манн и др., США, 1999) указывает на значительный рост температуры во второй половине XX в., что дает основание приписать его антропогенному влиянию. Другие реконструкции относят начало потепления до наступления техногенной эры. Если же это потепление действительно существует, можно ли его объяснять только воздействием антропогенного фактора? Механизм действия солнечной активности через космические лучи и изменение альбедо вполне может объяснить наблюдаемые вариации температуры. Если это так, то, с учетом осторожных прогнозов солнечной активности в начале XXI в., скорее можно ожидать некоторого похолодания или, по крайней мере, уменьшения темпов потепления. Кроме того, повышение средней температуры на несколько градусов наблюдалось в истории

человечества неоднократно, так что не надо пугать людей грозными катастрофами.

АКТИВНОСТЬ РАННЕГО СОЛНЦА

Электромагнитное излучение Солнца на ранних этапах эволюции в оптическом диапазоне менялось незначительно, однако в мягком рентгеновском диапазоне 0,15–4 кэВ (короче 90 Å) максимальное различие составляет четыре порядка величины. Иначе говоря, отношение рентгеновской светимости молодого Солнца к его полной (болометрической) светимости было в тысячу раз больше, чем в обычный максимум солнечной активности в современную эпоху. Рентгеновское излучение молодого Солнца должно было быть на 3–4 порядка больше. К такому же выводу приводит сопоставление рентгеновского излучения звезд разных возрастов.

Поскольку жизнь на Земле связана со сложными молекулами на основе углерода, то наиболее важными являются оценки изменения излучения в диапазоне короче 350 Å. В этом диапазоне находятся мощная резонансная линия ионизованного He II ($\lambda = 304 \text{ Å}$) и многочисленные слабые линии высокоионизованных атомов, формирующие в солнечной короне. Общее излучение в этом диапа-

зоне меняется в течение 11-летнего цикла активности в 5–7 раз. Излучение Солнца возрастом 1 млрд лет в области 250–300 Å было выше, чем сегодня, на 2–3 порядка. Столь же существенным, как и в рентгеновском диапазоне, оказывается различие корпускулярного излучения Солнца в раннюю эпоху и в настоящее время. Молодое Солнце теряло вещество, уносимое солнечным ветром массой, близкой к $10^{-9} M_{\odot}$ в год. Тогда поток вещества был в 3 тыс. раз больше, чем сейчас. Эти оценки не учитывают вклада вспышек. Их влияние могло увеличить оцениваемый общий поток корпускулярного излучения и электромагнитного излучения в данном диапазоне в несколько раз.

Отдельной проблемой является низкая болометрическая светимость молодого Солнца, которая должна была быть меньше современной на 30%. Это привело бы к вымерзанию воды на Земле, что не подтверждается геологическими данными (парадокс слабого молодого Солнца). У быстро вращающегося молодого Солнца, как считают, происходил большой отток массы. В таком случае для достижения современных параметров раннее Солнце могло обладать большей массой ($1,07 M_{\odot}$), чтобы сохранить воду на Земле с помощью усиленного парникового эффекта.

Кроме того, в этот момент его более сильная активность привела бы к более сильному парниковому эффекту. С другой стороны, больший отток массы приводил к увеличению мощности солнечного ветра на три порядка, чем сегодня, поэтому значительными становились корональные выбросы массы. Это привело бы к сжатию земной магнитосферы и эрозии атмосферы. Соответственно, усилится проникновение к Земле как галактических, так и увеличенного потока солнечных космических лучей. Такой эффект привел бы к катастрофическим последствиям — магнитосфера сжалась бы до 1000 км, а она существует. Таким образом, на ранней стадии эволюции Солнца все его эффекты активности значительно (на три-четыре порядка) превышали современные, поэтому большее воздействие испытывали атмосфера и биологические виды.

СОЛНЕЧНАЯ ЦИКЛИЧНОСТЬ
И БУДУЩЕЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Очевидно, что Солнце в своем роде тоже переменная звезда и цикличность солнечной актив-

ности является частью переменности, общей для многих звезд. Исследования солнечной цикличности выводят нас на проблемы далекого прошлого нашей планетной системы и заставляют задуматься о ближайшем будущем.

С каждым годом мы все более остро ощущаем зависимость жизни нашей цивилизации от разнообразных космических факторов, в первую очередь от солнечной активности. Этому способствует то, что наша цивилизация становится все более и более сложной, многосвязной системой. Как в любой сложной системе, здесь существует огромное число связей, нарушение которых может привести к катастрофическим последствиям. Мы уже упоминали разнообразные эффекты магнитных бурь. Однако большинство проявлений этих бурь связано с нарушениями в работе современных систем. Случись такая буря 400 лет назад, ее никто бы не заметил. А системы все более усложняются. Кроме того, все более и более развиваются возможности создания искусственных органов человека. Уже сейчас су-

ществуют кардиостимуляторы, искусственные почки и т.п. Работа всех этих устройств может нарушаться при высокой солнечной активности.

Таким образом, понимание природы солнечной цикличности и создание современных методов прогнозирования солнечной активности выходит за пределы чисто фундаментальной науки. В какой-то мере решение этих вопросов определяет собой судьбы цивилизации. К сожалению, если в области краткосрочного прогноза солнечных вспышек успехи налицо (мы с вполне приличной оправдываемостью можем предсказать вспышку или магнитную бурю за несколько дней), то проблемы долгосрочного прогноза пока еще очень далеки от решения. В начале каждого цикла появляются десятки прогнозов, указывающих высоту цикла от 50 до 200 единиц. Тем более мы сегодня не можем ничего уверенно сказать о нескольких следующих циклах. Каждый цикл дает нам новую информацию, и аномальность 23-го цикла позволяет проверить часть наших теорий.

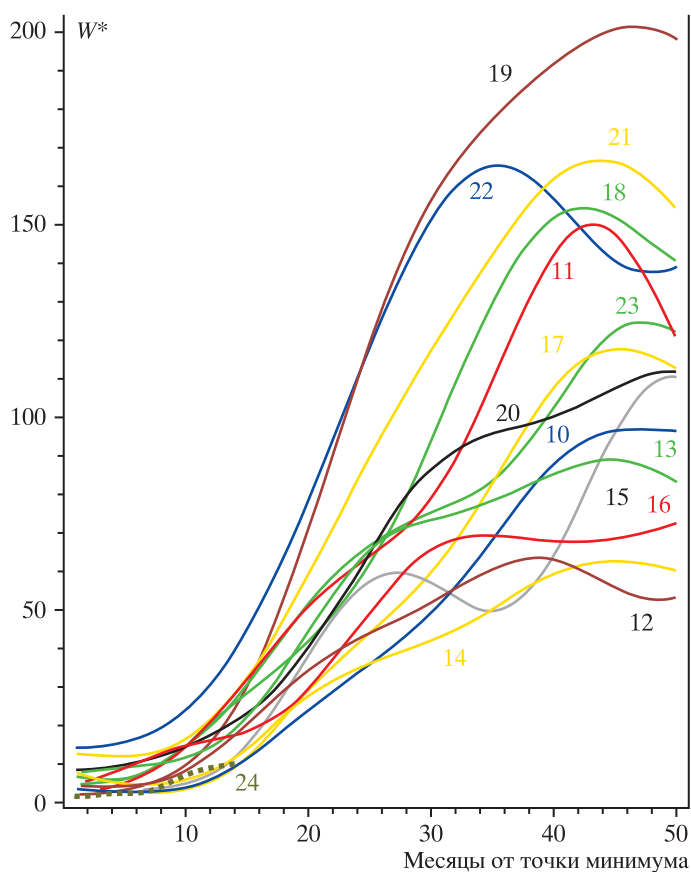
Солнце в августе – сентябре 2010 г.

В эти месяцы второго года развития текущего, 24-го цикла было всего три беспятенных дня, на видимом диске Солнца наблюдали прохождение 17 небольших активных областей, из них 14 появились в Северном полушарии и 3 – в Южном. Сглаженные за год значения относительного числа пятен устойчиво росли, оставаясь, однако, на самом низком уровне из всех достоверных циклов солнечной активности. На данном этапе развития текущий цикл по-прежнему был в фазе минимума, которая определяется как промежуток времени, когда сглаженные за год значения относительного числа пятен находятся в пределах $W^* \leq 30$. Среднемесячные значения чисел Вольфа – $W_{\text{авг.}} = 19,6$ и $W_{\text{сент.}} = 25,2$. Сглаженное значение относительного числа солнечных пятен в феврале и марте 2010 г. составило $W^* = 10,6$ и 12,3 соответственно.

В первой половине августа 2010 г. на Солнце зарегистрирован всплеск пятнообразовательной деятельности: постоянно наблюдалось три-пять небольших и спокойных групп пятен. Затем последовал постепенный спад, и до

конца месяца на его диске появлялись одна-две небольшие группы солнечных пятен. Максимальное число пятен отмечено **11 августа**

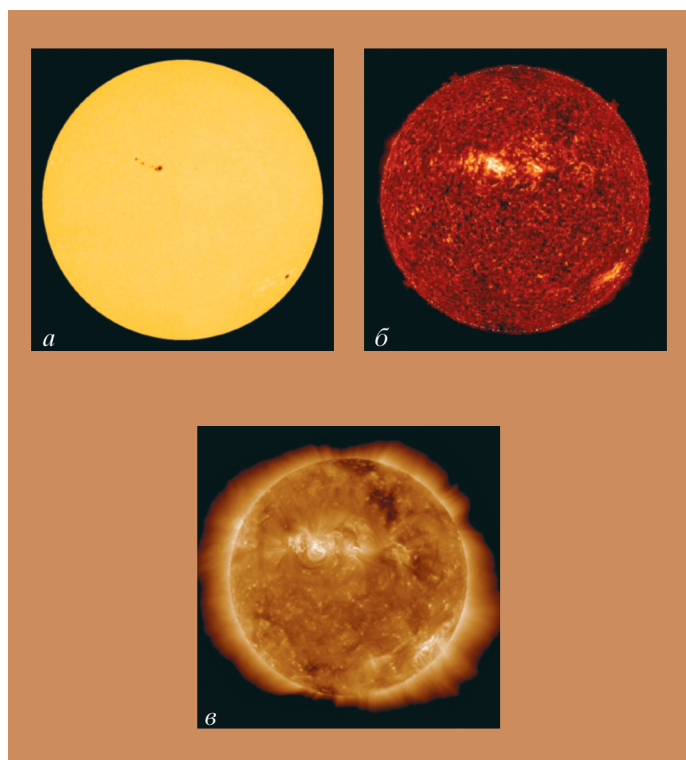
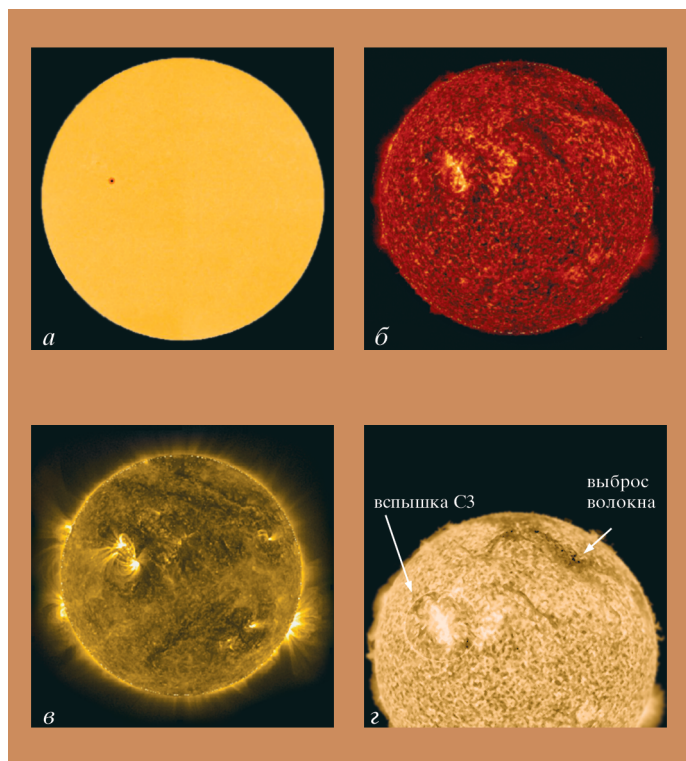
($W = 40$). Вспышечная активность весь месяц оставалась на очень низком уровне: из 11 активных областей 9 находились в Северном



Ход развития (14 месяцев) текущего, 24-го цикла солнечной активности среди всех достоверных (с 1849 г.) солнечных циклов, начальная фаза развития. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.

Солнце 1 августа 2010 г.: а) снимок фотосферы Солнца в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б, в, г) в линиях крайнего ультрафиолета гелия HeII ($\lambda = 304 \text{ \AA}$) и железа FeIX/X ($\lambda = 171 \text{ \AA}$). Показан момент развития выброса волокна и солнечной вспышки рентгеновского класса C3 (г). Космическая обсерватория "SDO" (http://www.lmsal.com/solarsoft/latest_events/).

полушарии. Выбросы солнечных волокон происходили 1, 24 и 27 августа. 1 августа в центральной зоне Северного полушария в течение 9 ч произошло два выброса больших солнечных волокон и коронального вещества. Первый выброс совпал со вспышкой рентгеновского класса C3 в активной области, отстоящей на 60° к востоку от места локализации волокна. Возможно, произошло два независимых события, но в научных кругах считают, что это могут быть глобальные импульсы вспышечной активности. Подобные явления уже трижды наблюдались с 30 марта 2010 г. за время работы космической солнечной обсерватории "SDO" (Земля и Вселенная, 2010, № 5), последнее – 22 сентября 2010 г., когда почти одновременно возникли два сильно разнесенных



Солнце 27 сентября 2010 г.: а) снимок фотосферы Солнца в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б) в линии гелия ($\lambda = 304 \text{ \AA}$); в) в области крайнего ультрафиолета железа FeXII ($\lambda = 193 \text{ \AA}$). Космическая обсерватория "SDO" (<http://www.spaceweather.com>).

выброса солнечных волокон и небольшая вспышка балла В. Коронोगрафы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 47 выбросов коронального вещества разной интенсивности, 16 из них типа частичного гало (угловая ширина около 90°) или гало (примерно 360°). Три рекуррентные (повторяющиеся) корональные дыры появились на видимом диске Солнца. На геостационарных орбитах в течение 12 сут отмечен очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями более 2 МэВ.

Сентябрь 2010 г. начался с нового импульса пятнообразовательной активности: 1–5 сентября на видимом диске Солнца зафиксировано три-четыре группы солнечных пятен небольших размеров, затем последовал спад: 9 и 21–23 сентября пятен не было. До конца месяца по видимому диску Солнца проходили одна-две

устойчивые группы пятен, причем площадь группы пятен Южного полушария, вышедшей 15 сентября из-за восточного лимба, до 22 сентября оставалась 300 м.д.п. Асимметрия появления групп пятен по полушариям в августе сохранилась: пять групп пятен – в Северном полушарии и две – в Южном. Максимальное число пятен отмечено **5 сентября (W = 35)**, минимальное – 9 сентября (W = 0). Во вспышечном отношении сентябрь был спокойным месяцем: 11 дней вспышечная активность была на низком уровне, весь остальной период – на очень низком. В течение 5 сут регистрировалась возмущенная геомагнитная обстановка, из них 4–5 и 24–25 сентября возникли малые магнитные бури из-за прохождения Землей высокоскоростного потока солнечного ветра от рекуррентной корональной дыры. 7 сентября в

активной области Северного полушария произошла вспышка рентгеновского класса M1, сопровождавшаяся динамическими явлениями в радиодиапазоне. Пять выбросов солнечных волокон состоялись 4, 9, 11 и 22 сентября, геоэффективных среди них не было. На видимом диске Солнца наблюдались те же, что и в августе, три рекуррентные корональные дыры, однако возмущенная геомагнитная обстановка не зарегистрирована. На геостационарных орбитах 1 и 5 сентября прошли очень высокие потоки релятивистских электронов с энергиями более 2 МэВ.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник.

*В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН*

Информация

Оранжерея для космонавтов

В октябре 2010 г. NASA провело в пустыне штата Аризона первые испытания прототипа бортовой оранжереи “Вегги” (от vegetable – овощ) с быстрорастущими

питательными овощными культурами. Оранжерея в будущем может быть использована в полетах орбитальных станций, лунных и марсианских экспедиций. “Вегги” изготовлена в виде небольшого модуля площадью всего 1 м² для выращивания овощей в условиях невесомости и при экономном расходе энергии. В модуле контролируются освещение и влажность, что способствует быстрому росту растений. Такая оран-

жерея, похожая на земной огород, может решить продовольственную проблему в длительных космических полетах. “Вегги” выгодно отличается от своего предшественника, испытанного несколько лет назад на Международной космической станции. Создатели оранжереи из компании “Орбитек” (штат Висконсин) надеются скоро доставить ее на МКС.

По материалам NASA,
12 октября 2010 г.

Извержение вулкана Эйяфьятль в 2010 году

А.Ю. ОЗЕРОВ,
кандидат геолого-минералогических наук
Е.И. ГОРДЕЕВ,
академик
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский

По данным исландских вулканологов описано современное извержение вулкана Эйяфьятль, которое вызвало мощный транспортный коллапс в Европе. Выделено три этапа извержения: 20 марта – эффузивно-эксплозивный, 13–20 апреля и 1–21 мая – фреатомагматические. В результате взаимодействия магматических расплавов с кальдерным ледником происходило образование значительных объе-



мов тонкодисперсного вулканического пепла, который переносился

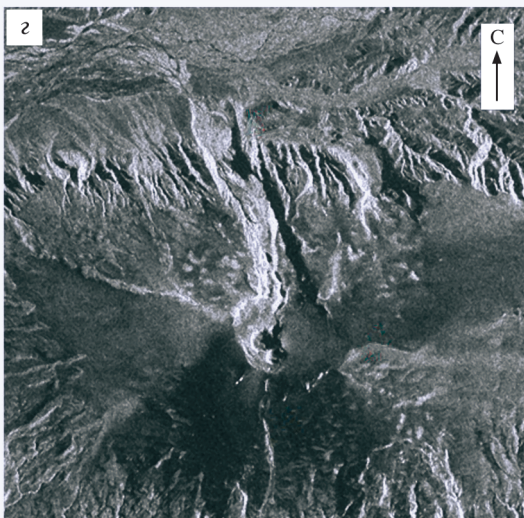
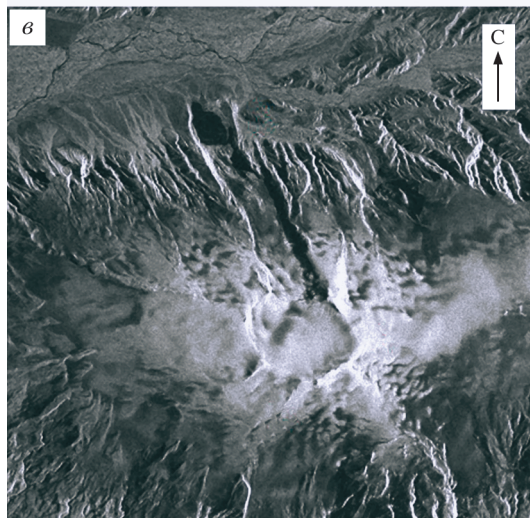


воздушными массами на расстояние более 4 тыс. км.

Для вулкана Эйяфьятль в современной исландской геологической литературе используются несколько названий (Eyjafjaðll, Eyjafjallaj) и полное название – **Эйяфьятлакутль** (Eyjafjallajökull). Вулкан высотой 1666 м

находится в южной части Исландии в 200 км восточнее Рейкьявика. Его постройка в плане представляет эллипс, вытянутый в широтном направлении, большая ось эллипса – 30 км, малая – 14 км. Это крупный

пологий стратовулкан, сложенный базальтами и андезитами, его вершину венчает кальдера (диаметр – 3–4 км, глубина – 50–70 м). Склоны покрыты ледниковым панцирем, особенно значительные объемы



Вулкан Эйяфьятль (Исландия) до извержения (а, в) и во время трещинного извержения 21 марта 2010 г. (б, г). Вулканические бомбы во время извержения фонтанировали на высоту около 150 м. Внизу – снимки из космоса.

ледниковых масс располагаются в глубокой котловине кальдеры.

Первое исторически зарегистрированное извержение этого вулкана началось в 1612 г., продолжительность его неизвестна. Следующее извержение продолжа-

лось с 19 декабря 1821 г. по 1 января 1823 г. В процессе извержения отмечались периоды усиления и ослабления, которые происходили с двухнедельным интервалом. Признаки подготовки извержения 2010 г. фиксировались около двух десятилетий. С 1991 г. по август 2006 г. под вулканом Эйяфьятль зарегистрировано 860 землетрясений на глубинах до 25 км. Можно полагать, что такой уровень сейсмичности обеспечивался активизацией магматических расплавов в питающей системе вулкана.

В конце декабря 2009 г. было зафиксировано повышение уровня сейсмической активности с гипоцентрами на глубине 7–10 км. В это же время станции навигационной спутниковой системы GPS начали регистрировать деформации земной поверхности. Закономерное их возрастание в совокупности с увеличением числа землетрясений позволило исландским ученым 26 февраля 2010 г. дать прогноз предстоящего извержения. Позднее продолжалось закономерное возрастание деформаций и сейсми-

ческой активности готовящегося извержения. 3–5 марта было зарегистрировано до 3 тыс. сейсмических событий в сутки. 19–20 марта отмечен подъем роя землетрясений, они начали фиксироваться уже на глубинах 4–7 км.

20 марта – 9 апреля произошло побочное извержение (первый, эффузивно-эксплозивный этап). Извержение началось 20 марта 2010 г. около 23 ч (здесь и далее исландское время) из трещины, образовавшейся на высоте 1 км над уровнем моря. Трещина открылась на северо-восточном склоне вулкана и простиралась в северо-восточном направлении. Воздушные и наземные наблюдения, проведенные 21 марта, показали, что вдоль 700-м трещины из 17 *эксплозивных центров (бокк)* происходило интенсивное фонтанирование базальтовых бомб. Высота фонтанов достигала 150 м. На второй день извержения у основания центральных фонтанов появились узкие жидкие лавовые базальтовые потоки.

К 24 марта фонтанирование бокк, расположенных в краевых частях трещины, стало затихать, и всю эруптивную нагрузку взяли на себя семь *эффузивно-эксплозивных центров*. Высота фонтанирования в отдельные моменты достигала 200 м. Бомбы и шлак, выбрасываемые в процессе фонтанирова-

ния, начали формировать шлаковый конус, а у его основания образовалось лавовое поле. Скорость движения лавовых потоков на истоке составляла 400–500 м в час. Высота фронтальных частей лавовых потоков достигала 10 м. Спускаясь по склонам, лавовые потоки взаимодействовали с ледниками. Происходило интенсивное таяние, образовывались паровые облака, а вниз устремлялись грязевые потоки (*лахары*). С небольшими вариациями такая активность сохранялась до 30 марта. К этому времени высота шлакового конуса достигла 60–70 м, а площадь лавового поля – 1 км².

31 марта, спустя 11 дней после начала извержения, около 19 ч открылась вторая трещина длиной 300 м. Она располагалась в 200 м северо-восточнее и выше описанной трещины. В течение пяти дней фонтанирование наблюдалось одновременно из двух трещин. Пик активности пришелся на 7 апреля; фонтаны бомб достигали высоты 300 м, значительно увеличился расход лавовых потоков. По оценкам исландских вулканологов, к этому времени лавовое поле покрыло площадь 1,3 км², средняя мощность его оценивалась в 10–15 м. На трещинах образовались шлаковые конусы, наибольший из них достиг высоты 82 м. После этого фонтаниро-

вание лавы постепенно прекратилось, и уровень сейсмической активности снизился. В извержении наступила пауза, которая продолжалась несколько дней. Согласно визуальным наблюдениям, 13 апреля в районе извержения регистрировались только слабые паровые струи.

Первый, эффузивно-эксплозивный этап извержения закончился 9 апреля 2010 г. Он характеризовался фонтанированием раскаленных бомб и излиянием лавовых потоков, пепловая нагрузка была незначительной. Особое беспокойство вызывали грязевые потоки, которые могли разрушить мосты через реки у подножия вулкана. Чтобы снизить воздействие грязевых потоков на мостовые опоры и пролеты, правительство Исландии приняло решение срезать насыпи дорог, вплотную примыкающие к мостам. Это расширило потенциальный створ грязевым потокам и минимизировало ущерб для транспортных магистралей. Извержение первого этапа было относительно безопасным и представляло большой интерес для туристов. За первые десять дней в районе извержения побывало 25 тыс. человек, которые любовались феерией раскаленных фонтанов с расстояния 800–1000 м.

13–20 апреля произошло вершинное извержение вулкана (вто-



*Шлаковый конус (черный массив слева). Из жерла конуса происходят выбросы раскаленных бомб.
27 марта 2010 г.*



Лавовый поток вулкана Эйяфьятль. 27 марта 2010 г.



Туристы у вулкана Эйяфьятль.
12 апреля 2010 г.

рой, фреатомагматический этап). 13 апреля около 23 ч значительно усилилась сейсмическая активность уже непосредственно под вершинной кальдерой вулкана, западнее прекративших свою деятельность вышеописанных центров трещинного извержения. Час спустя в южной части кальдеры на поверхность стали поступать андезитовые магмы, началось вершинное извержение. Ясным утром 14 апреля над вулканом наблюдалась мощная пепловая колонна вы-

сотою от 2–3 до 8 км. В кальдере, в основании эруптивной колонны, практически непрерывно происходили мощные фреатомагматические взрывы, образующиеся в результате взаимодействия раскаленных магматических расплавов с водой. Верхняя часть выбрасываемого облака взрыва состояла из множества острых стреловидных образований, которые, поднимаясь, видоизменялись, и выбросы приобретали классическую форму “цветной капусты”. Клубящиеся тугие облака сносились ветром в юго-восточном и восточном направлениях, образуя пепловый шлейф на высоте несколько километров над землей. 14 апреля

пепел фиксировался над южной частью Исландии и начал перемещаться в сторону Британских островов.

15–16 апреля интенсивность извержения нарастала, а устойчивый ветер формировал протяженный линейный шлейф вулканического пепла. 15 апреля пепел достиг Британских островов и Скандинавского полуострова. 16 апреля его фиксировали уже над северной частью Европы на высоте 4–10 км. Здесь, в зоне материковой турбулентности, доминировали процессы площадного распространения — не только в южном, но и в западном и восточном направлениях.

17–18 апреля наблюдалась кульминация фреа-



томагматической деятельности.

Густая устрашающая пепловая колонна, пронзаемая молниями, в отдельные моменты достигала высоты 10 км, давая начало протяженному насыщенному пеплом шлейфу (см. стр. 3 обложки). Магматические расплавы, поступающие в основание ледника, и генерируемые ими непрерывные взрывы растопили огромные объемы ледника. По ледниковому трогу, направленному на север, двигались ревущие грязевые потоки (лахары). Они спускались в долину, ограничивающую вулкан с севера, и по ней устремлялись на запад, а потом, следуя направлению долины, — на юг, в океан.

Движение эруптивного шлейфа продолжалось в юго-восточном, восточном и северо-восточном направлениях, при этом концентрация пепловых частиц в шлейфе значительно возросла. Утром 17 апреля пеплопад наблюдался на территории Англии (размер частиц — 0,1 мм), а вечером зафиксировано выпадение пепловых частиц в Москве, на расстоянии 3200 км от места извержения (данные П.Ю. Плечева и Ю.В. Фроловой). Еще через несколько часов пепел достиг Черного моря. Таким образом, практически над всей территорией Европы на высоте 4–10 км сформировался атмосферный слой, насыщенный твердыми частицами пепла,

Пепловая туча над вулканом Эйяфьятль. 16 апреля 2010 г.

привнесенными из района извержения.

19–20 апреля взрывы стали значительно слабее и реже, а концентрация пепла в шлейфе существенно уменьшилась. 20 апреля южнее вулкана фиксировалось два шлейфа: один — светлосерый, с незначительной концентрацией пепловых частиц, а другой — белый, состоящий из паров воды. Космическая съемка вулкана Эйяфьятль, выполненная 20 апреля, показала, что в вершинной кальдере вулкана

произошли значительные изменения. В теле ледника, заполняющего кальдеру, образовалось три кратера (южный, диаметром примерно 250 м, юго-западный – 500 м и центральный – 100 м), а ледниковые отложения в северном трое были прорезаны глубокими каньонами, сформированными грязевыми потоками. В это же время изменилось направление движения воздушных масс, которые начали перемещаться в сторону Атлантического океана.

Густые пепловые облака, образующиеся в результате взаимодействия магмы со льдом. 17 апреля 2010 г.

Небо над Европой стало постепенно очищаться от пепла. 21 апреля над вулканом наблюдался только столб пара, поднимающийся на высоту примерно 1 км. К 22 апреля область распространения пеплового шлейфа в атмосфере заметно сократилась.

Второй, фреатомагматический этап извержения закончился 20 апреля 2010 г. Главная особенность этого этапа – генерация огромного количества пепла, переносимого на значительные расстояния – до 4 тыс. км. Европа испытала глубокий транспортный коллапс: с 15 по 21 апреля было полностью блокировано

авиационное сообщение. Примерно 10 млн пассажиров не смогли воспользоваться услугами воздушного транспорта. Прекратились грузовые авиаперевозки. Убытки авиакомпаний существенно превысили миллиард долларов. Со времени начала интенсивного развития воздушных перевозок (более 50 лет) это был первый случай столь значительного нарушения транспортного сообщения на территории европейских государств.

В Исландии от выпавшего пепла и грязевых потоков пострадали фермерские хозяйства в южном и западном секторах вулкана. Частично





были разрушены дороги, находящиеся на пути грязевых потоков. Из зоны риска эвакуировано около 700 жителей. В то же время жители столицы Рейкьявик практически не ощутили негативного воздействия пепловых масс, не прекращал работы и главный аэропорт Исландии – Кефлавик. Это произошло благодаря тому, что в течение всего извержения дул устойчивый ветер, перемещавший воздушные массы из северных широт в южном направлении.

Приведенные описания двух последовательных этапов извержения наглядно демонстрируют существенные различия в характере проявления вулканических сил и в их воздействии на сложившиеся инфраструктуры и экосистемы в ближней и дальней зонах от вулкана. Рассмотрим, чем обусловлены эти различия.

Вулкан Эйяфьятль – долгоживущий вулканический центр, в питающей системе которого существуют магматические очаги, имеющие различный химический состав расплавов – базальтовый и андезитовый. В результате активизации очагов сначала извергались жидкие, легко подвижные базальтовые магмы. Затем под вершинной кальдерой вулкана произошла мобилизация менее подвижных андезитовых расплавов, и уже они поступили на поверхность. В разных условиях выхода на поверхность базальтовых и андезитовых магм заключается основная причина, определяющая столь существенные отличия в характере извержения.

Во время первого, эффузивно-эксплозивного этапа извержения расплав достигал поверхности на склоне вулкана, где мощность леднико-

Пепловый шлейф (Шл), распространяющийся в южном направлении от вулкана Эйяфьятль (Влк). Космический снимок 17 апреля 2010 г.

вого покрова была невелика. Наблюдались выбросы бомб и излияние лавовых потоков. Здесь, в условиях взаимодействия с воздухом атмосферы, медленно остывали расплавленные породы. Фреатомагматическая деятельность проявлялась незначительно, в основном в результате взаимодействия фронтальных частей лавовых потоков с маломощными ледниками. Образующиеся при этом водные массы в условиях наклонного рельефа не могли накапливаться и стекали вниз, образуя протяженные лахары.

Во время второго, фреатомагматического этапа условия выхода расплава на поверхность были совершенно иными. Прокладывая путь к поверхности, магма внедрилась в тело мощного ледника, расположенного в котловине глубокой кальдеры. Тысячеградусная магма растопила ледник, образовалось озеро талой воды. Попадая в воду, магма в результате мгновенного сброса давления и температуры дробилась на мельчайшие частицы. Окружающая вода превращалась в перегретый пар, вызывавший взрывы с выносом огромного количества мелкого вулканического пепла. Такой пепел может долгое время находиться в атмосфере и транспортироваться воздушными потоками на значительные расстояния. Для Исландии, где вулканы покрыты мощным ледниковым панцирем (более 20–30 м), такой сценарий эруптивной деятельности весьма характерен. Очень часто во время подледных извержений здесь образуются специфические породы – *гиалокластиты*. Это рыхлые, сильно измененные туфы и туфобрекчии, в которых с трудом можно распознать магматические расплавы, их сформировавшие. Таким образом, дезинтеграция магматических расплавов в неглубоких водоемах обусловила сильное негативное влияние

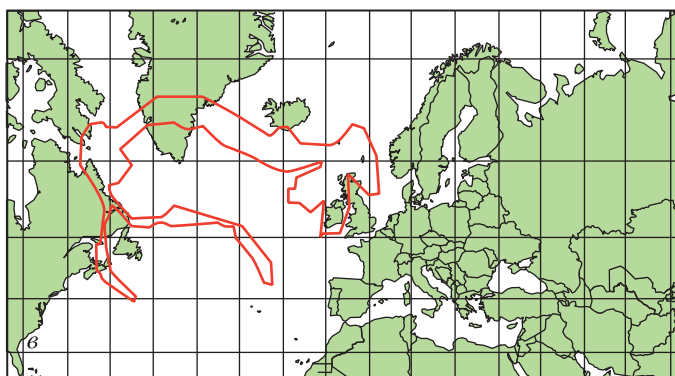
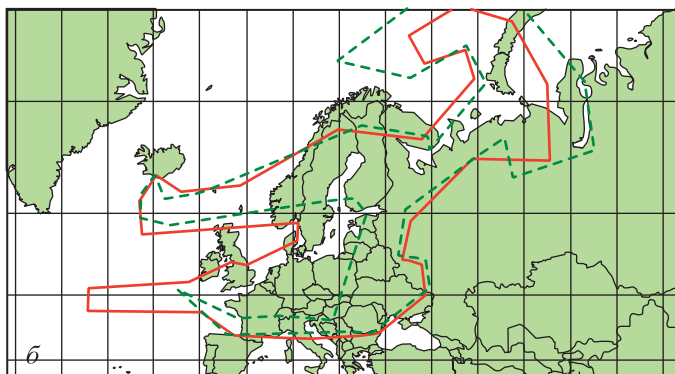
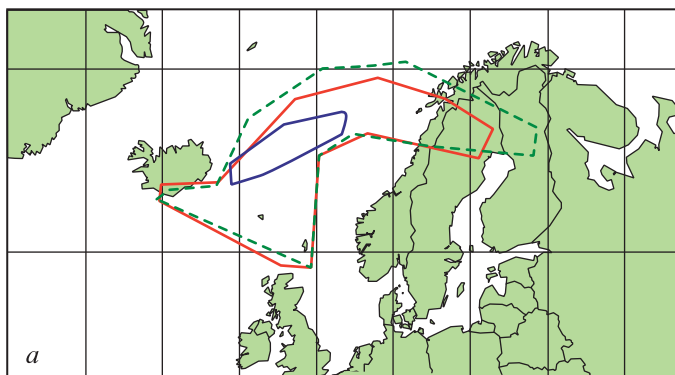
на Европу, которое эхом прокатилось по всему земному шару.

1–21 мая произошло вершинное извержение – внедрение магмы в тело ледника в кальдере вулкана. Третий этап, фреатомагматический, характеризовался теми же событиями, которые происходили во время второго этапа. Образующиеся пепловые шлейфы вновь блокировали работу авиатранспорта в Европе 6–12 и 16–18 мая. В июне – июле интенсивность извержения значительно уменьшилась, образование пепловых облаков больше не наблюдалось, но многокилометровые паровые шлейфы, появляющиеся над вершиной вулкана, свидетельствовали о том, что извержение рано считать закончившимся.

Поступление магматических расплавов на вулкане Эйяфьятль может длиться несколько лет, ледники в кальдере растаяли не полностью, а движение холодных фронтов воздушных масс, которые могут разносить пепловые шлейфы из северных широт в южные, – характерная климатическая черта этого региона. Суммарное проявление этих факторов может долгое время оказывать негативное воздействие на экосистему Северного полушария. В то же время следует указать, что научно-технический прогресс минимизировал воздействие

извержения. Необходимо отметить замечательную работу исландских сейсмологов и вулканологов, которые точно предсказали начало извержения и его развитие. Великолепно проявили себя службы космического мониторинга, оперативно составляя детальные карты распространения пепловых масс. Жесткие требования, предъявляемые к безопасности воздушного сообщения аэронавигационными и диспетчерскими службами Европы, дали возможность заблаговременно остановить работу транспортных авиакомпаний. Расширение и оснащение этих служб – насущная необходимость, это позволит выбирать оптимальную стратегию как в настоящее время, так и в отдаленной перспективе.

Сейчас разрабатываются и внедряются новые методы динамической регистрации концентрации вулканического пепла в атмосфере. Например, авиакомпания “Easy Jet” (Великобритания) готовится поставить на своих самолетах датчики, определяющие количество пепловых частиц в воздухе. Прибор представляет собой радар, работающий в инфракрасном диапазоне. Изображение обнаруженного пеплового облака передается на экран в кабину пилотов, а также диспетчерским службам. Датчики способны обнаруживать вулканические облака



на расстоянии до 100 км на высотах до 15 тыс. м. Эти данные помогут пилотам заблаговременно скорректировать маршрут полета в обход вулканических облаков.

Вулканизм проявляется во многих регионах нашей планеты. Человечеству еще неоднократно придется испытать его

мощь, и от того, какие действия будут предприняты, во многом зависит характер развития цивилизации на Земле.

Авторы глубоко признательны исследователям Института наук о Земле Исландии и Национальной службы погоды Великобритании за предоставленные материалы.

Схема распространения пеплового шлейфа 15, 17 и 22 апреля 2010 г. от вулкана Эйяфьятль (а, б, в). Зеленым контуром показана граница пеплового шлейфа на высоте 6000 м, красным – на высотах 6000–10 500 м и синим – на высотах до 16 500 м. Данные Национальной службы погоды Великобритании.

Мстислав Всеволодович Келдыш

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



Академик Мстислав Всеволодович Келдыш.
1971 г.

Шестьдесят лет назад имя Мстислава Всеволодовича Келдыша – талантливого ученого, академика АН СССР – было известно лишь узкому кругу специалистов в области математики, механики и физики да студентам механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, которым он читал лекции. Знали и ценили М.В. Келдыша в Правительстве СССР, в авиационной промышленности еще с конца 1930-х гг. Избрание 19 мая 1961 г. М.В. Келдыша Президентом АН СССР означало признание его выдающихся способностей не только как разностороннего ученого, обладающего уникальным даром научного предвидения, но и как блестящего организатора науки. 1961–1975 гг., когда М.В. Келдыш был Президентом АН СССР, стали периодом быстрого роста Академии наук, превратившейся в крупнейший в мире центр фундаментальной науки. Невозможно переоценить вклад М.В. Келдыша в развитие космонавтики. Его по праву называли Главным теоретиком космонавтики.

Мстислав Всеволодович Келдыш родился 10 февраля 1911 г. в Риге в большой семье адъюнкт-профессора Рижского политехнического института Всеволода Михайловича Келдыша, крупного инженера-строителя,

впоследствии академика и вице-президента Академии строительства и архитектуры. Отец и мать Мстислава происходили из дворянских семей и были образованными людьми: говорили на французском и немецком язы-

ках, играли на фортепиано, любили и ценили музыку и искусство. В своих семерых детях родители поощряли и развивали склонности к языкам. Из четверых сыновей только младшему, Славе, нравилась отцовская специальность, поэтому он перешел в школу со строительным уклоном и закончил ее в 1927 г. В МВТУ им. Н.Э. Баумана на инженерно-строительный факультет юношу не приняли из-за возраста (ему исполнилось только 16 лет). По совету своей старшей сестры Людмилы он поступает в МГУ на математическое отделение физико-математического факультета. Склонность к математике и точным наукам проявилась у Мстислава в старших классах школы, учителя уже тогда отмечали его способности в этой области. Те, кто работал с М.В. Келдышем позже, отмечали также его незаурядную инженерно-строительную интуицию.

В науку молодой математик М.В. Келдыш вошел быстро и ярко. В 1931 г. он начал работать в Центральном аэрогидродинамическом институте им. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ) под руководством академика С.А. Чаплыгина (выдающегося механика, начальника ЦАГИ), который сразу стал поручать новому сотруднику одну за другой серьезные практические задачи, требовавшие математического решения. Сначала это были задачи гидродинамики и нестационарной аэродинамики, такие как удар тела о воду, движение тела под водой – для гидросамолетов и судов на подводных крыльях, а с 1935 г. – задачи автоколебаний самолетных конструкций. Наиболее опасные среди таких колебаний – «флаттер» (колебания крыльев и хвостового оперения самолетов) и «шимми» (виляющее движение катящегося колеса, приводящее к разрушению носовой стойки шасси). Эти задачи были серьезными государственными проблемами, от решения которых зависело развитие отечественной авиации и обороноспособность страны. Мстислав Всеволодович со

своей группой исследователей решил эти задачи. В результате советская авиация, в отличие от немецкой, в Великой Отечественной войне не имела проблем с флаттером. В 1939 г. всем главным авиаконструкторам было вменено в обязанность проводить через отдел М.В. Келдыша в ЦАГИ расчет на флаттер всех самолетов новых конструкций.

В 1944 г. в Математическом институте им. В.А. Стеклова АН СССР (МИАН) был создан Отдел механики, заведующим которого стал М.В. Келдыш. С этого момента он занимается ракетодинамикой и прикладной небесной механикой. Способность ученого быстро организовывать коллективы исследователей, четко формулировать прикладную задачу, намечать пути ее решения, решать и внедрять результаты в практику создали Мстиславу Всеволодовичу авторитет лидера в вопросах математических приложений в научных кругах и в правительстве страны. Поэтому в 1946 г. по инициативе физиков-ядерщиков М.В. Келдыша подключили к расчетам атомного оружия. Известна рекомендация, которую дал ему тогда директор МИАН академик И.М. Виноградов: «...он в любом приложении математики способен разобраться лучше всякого». Мстислав Всеволодович создал новую теорию регулярности в теории потенциала, разработал теорию устойчивости по границе в классической задаче Дирихле. В 1951 г. он публикует еще одну выдающуюся работу по эллиптическим уравнениям, вырождающимся на границе, где он впервые устанавливает, что на части границы вообще не надо ставить никаких условий. Это новое принципиальное расширение теории задачи Дирихле. Потом эти идеи развивали другие выдающиеся математики второй половины XX в.

Для проведения расчетов по атомной проблеме М.В. Келдыш привлек в МИАН группу математиков во главе с И.М. Гельфандом и Расчетное бюро во



Академик С.П. Королёв, космонавт Г.С. Титов и академик М.В. Келдыш в Президиуме АН СССР. Август 1961 г.

главе с К.А. Семендяевым. По их методикам бригады вычислителей круглосуточно выполняли огромный объем вычислительной работы, используя настольные электромеханические машины «Мерседес» — настоящие «фабрики счета». В 1948 г. для решения задачи ядерного взрыва была создана другая группа математиков и вычислителей — Лаборатория № 8 во главе с А.Н. Тихоновым. В ней по методикам А.Н. Тихонова и А.А. Самарского решалась сложнейшая задача численной оценки мощности ядерного взрыва.

30 ноября 1946 г. Мстислав Всеволодович избран действительным членом АН СССР по Отделению технических наук, на следующий день его назначили начальником, а в августе 1950 г. — научным руководителем НИИ-1 (ныне Исследовательский центр им. М.В. Келдыша), призванного решать прикладные задачи ракетострое-

ния. С этого времени теория движения составных ракет, внедрение жидкостных реактивных и прямоточных двигателей в авиацию, беспилотные ракеты, управление полетом ракет дальнего действия стали темами исследований М.В. Келдыша и руководимого им коллектива. Около 15 лет (1947–1960) Мстислав Всеволодович посвятил разработке воздушно-реактивных двигателей и на их базе межконтинентальной крылатой ракеты «Буря», созданной в КБ С.А. Лавочкина. Летные испытания «Бури» начались в 1957 г., а в начале 1960 г. была достигнута максимально допустимая дальность — 6500 км при отклонении от цели менее 8 км, что в то время было очень высоким результатом. «Буря» осуществляла полеты на высоте 18–25 км со скоростью, превышающей в три раза скорость звука. Для сравнения: близкая по характеристикам американская крылатая ра-

кета, рассчитанная примерно на ту же дальность при меньшей скорости полета, так и не была доведена до летных образцов.

К 1947 г. относится знакомство М.В. Келдыша с Главным конструктором ракетной техники С.П. Королёвым, которое перешло затем в творческое сотрудничество.

Итак, к 1953 г. Мстислав Всеволодович уже руководил несколькими коллективами, работавшими по разным проблемам. Во всех прикладных работах требовались новые методы научных исследований, прежде всего рациональный математический расчет. Их рождение и использование коренным образом изменили научное значение вычислительной математики. Автор многих глубоких научных идей, М.В. Келдыш одним из первых предугадал роль вычислительной математики в развитии науки и технологии. До 1953 г. при расчетах использовались электромеханические машины «Мерседес», позднее появились первые отечественные электронные вычислительные машины – БЭСМ-1 и «Стрела».

Распоряжением от 18 апреля 1953 г. Совет Министров СССР предложил Академии наук СССР образовать в МИАН СССР Отделение прикладной математики и назначил директором Отделения прикладной математики в Математическом институте им. В.А. Стеклова Академии наук СССР (ОПМ МИАН), на правах директора Института, академика М.В. Келдыша. Таким образом, все группы, которыми руководил М.В.Келдыш в МИАН, а также Лаборатория № 8 А.Н. Тихонова были объединены в новый институт. Кроме того, в ОПМ была установлена первая серийная ЭВМ «Стрела». Это потребовало создания хорошего Производственно-технического отдела для эксплуатации и обслуживания вычислительных машин.

В 1966 г. Институт прикладной математики получил свое современное



Академики М.В. Келдыш и Н.Н. Семёнов на XXII съезде КПСС. Кремлевский дворец съездов. Октябрь 1961 г.

название – Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша (ИПМ). Институт должен был решать стоящие перед страной стратегические научные задачи. Они были связаны с государственными программами развития атомной и термоядерной энергетики, исследованиями космического пространства, создания новых математических методов и использования новой вычислительной техники. В момент создания Института Мстислав Всеволодович сумел объединить научные математические коллективы, решавшие насущные задачи атомной энергетики, ракетно-космической техники, аэрогидродинамики и кибернетики. Развитие новой техники выдвигало задачи механики и физики, которые требовалось решать быстро и с высокой точностью. Коллектив сотрудников ИПМ подбирался очень тщательно, в основном из выпускников вузов разных городов. С ИПМ сотрудничали всемирно известные ученые академики И.В. Курчатов, Я.Б. Зельдович (впоследствии работавший в Институте), С.П. Королёв, А.Д. Сахаров,

Ю.Б. Харитон, Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, В.П. Глушко и др.

Сотрудники ИПМ своими работами оказали огромное влияние на решение важнейших государственных задач. Так, в начале 1950-х гг. исследованиями по всем вопросам создания составных ракет начали заниматься в МИАН. В 1953 г. сотрудник Института Д.Е. Охочимский решил вариационную задачу по определению оптимальных характеристик пакета составных ракет. Результаты оказались приемлемыми, и, учитывая достоинства такого пакета, С.П. Королёв принял решение провести эскизное проектирование мощной составной ракеты Р7. В 1954 г. вышло Постановление Правительства, в котором перед ОКБ-1 (ныне Ракетно-космическая корпорация им. С.П. Королёва) была поставлена задача создать баллистическую ракету, способную нести тяжелый термоядерный заряд на межконтинентальную дальность. После удачных пусков ракеты Р7 стало ясно, что с ее помощью можно вывести на орбиту более массивный ИСЗ, чем это планировали американцы, и сделать это раньше них. Работы над первым спутником резко интенсифицировались, причем большой вклад в реализацию этой идеи внес М.В. Келдыш. Под его руководством развивались в дальнейшем новые направления в исследовании космоса. Космонавтика стала предметом пристального внимания М.В. Келдыша, недаром его считали Главным теоретиком космонавтики. После первых же полетов космических аппаратов в ИПМ создали баллистический центр, в котором проводились расчеты управления и навигации всех пилотируемых космических кораблей и автоматических межпланетных станций. Созданный по инициативе академиков С.П. Королёва и М.В. Келдыша баллистический Центр ИПМ в тесном взаимодействии с организациями – разработчиками космических аппаратов успешно выполнял работы по баллистико-навигационному обеспечению

управления полетом автоматических межпланетных станций серий «Луна», «Венера», «Марс» и «Вега», космических кораблей серий «Союз» и «Прогресс», орбитальных станций «Салют» и «Мир», космических аппаратов научного назначения «Астрон», «Гранат», «Интербол» и др.

Сегодня уже можно сказать еще об одной большой и ответственной работе – о создании ракетно-космической системы «Энергия» – «Буран», выполненной в ИПМ в Отделе Д.Е. Охочимского. В середине 1975 г. по поручению Мстислава Всеволодовича Ю.Г. Сихарулидзе провел в ИПМ комплексный анализ американской многоразовой системы «Спейс Шаттл». Было показано, что основные параметры системы позволяют эффективно использовать ее в интересах ВВС США, создавая серьезную угрозу для безопасности нашей страны. Двойное назначение системы давало возможность в условиях отсутствия конфронтации двух держав использовать систему «Спейс Шаттл» для мирного освоения космоса. М.В. Келдыш представил результаты анализа высшему руководству страны. После необходимого обсуждения было принято решение о разработке в нашей стране многоразовой космической системы «Энергия» – «Буран». Среди основных разработчиков системы – ИПМ, на который возлагался большой комплекс ответственных задач: научное обеспечение возвращения из космоса на Землю корабля «Буран». Институт участвовал в разработке алгоритмов управления кораблем на участке спуска и посадки и в его математическом моделировании. В ИПМ успешно выполнено баллистико-навигационное обеспечение всех участков полета системы «Энергия» – «Буран», включая активный участок и орбитальный полет.

Следует отметить еще одну сторону деятельности Мстислава Всеволодовича. Он выступал как государственный деятель, человек общегосударственно-



Академики М.В. Келдыш и А.П. Александров – делегаты XXV съезда КПСС. Кремлевский дворец съездов. Февраль 1976 г.

го масштаба, ответственный за выполнение программ ракетно-космической техники, и возглавлял проведение экспертиз по представляемым предложениям и проектам. Их было много, и не всегда выбор проекта получался гладким, так как хорошее предложение часто имело много противников. Поэтому жизнь могла обернуться по-разному, и результат отбора мог быть неоднозначным. Такие случаи не были редкостью, и существует пример, когда вмешательство М.В. Келдыша, его принципиальность и твердость сыграли чрезвычайно важную роль в развитии космических исследований и ракетно-космической техники в нашей стране. Когда разработали и испытали ракету-носитель «Протон», в силу ряда причин очень многие были против того, чтобы изготавливать ее серийно, не говоря о том, чтобы ее использовать. М.В. Келдыш предпринял героические усилия, когда в Государственной комиссии он фактически один сражался против всех и сумел добиться того, чтобы эта ракета была сохранена, пошла в серию и стала «рабочей лошадью» для нашей

космонавтики. Эта ракета сыграла колоссальную роль в дальнейшем развитии космонавтики. Без нее не было бы ни полетов к Луне с большими весами, ни хорошей орбитальной техники. В решении этого вопроса проявились замечательные качества Мстислава Всеволодовича. Во-первых, он был дальновиднее многих. Во-вторых, если вопрос стоял так: нужно принести пользу государству или же отступить под давлением обстоятельств – он все силы всегда прикладывал к тому, чтобы решение было правильным и шло на пользу стране, нашей науке и технике.

Необходимо отметить особенности творческой индивидуальности М.В. Келдыша, которые мы всегда помним и которые всегда оказывали на нас влияние. Прежде всего, он был исключительно талантливым человеком, и талант его проявлялся во многих видах его деятельности. Мстислав Всеволодович обладал уникальной способностью чувствовать и определять перспективу развития науки и техники, выделять важнейшие задачи, которые являются ключевыми, приоритетными для государства. Чрезвычайно плодотворным было его умение не только найти комплексный подход к проблеме в узком направлении, но и охватить все ее связи, все выходы: научные, технические, прикладные. Он быстро оценивал идеи, с которыми к нему приходили. Мы знали, что М.В. Келдыш правильно и до конца поймет любую проблему, и не только поймет, но и оценит ее по достоинству.

Мстислав Всеволодович был чрезвычайно требователен и к себе, и к сотрудникам. Он требовал глубины анализа, доказательности, обоснованности, полезности и выполнимости дела. Кроме того, он требовал динамизма, чтобы важное дело развивалось. Он всегда поддерживал все новое, был человеком доброжелательным и доверял людям. При этом М.В. Келдыш оставался всегда принципиальным. Широкого об-

суждения проблем никогда не боялся, потому что оно помогало продвижению дела вперед. М.В. Келдыш всегда стремился добиться цели и не любил проигрывать.

Институт всегда активно реагировал на запросы практики. В ИПМ решали и решают задачи, связанные с изучением распространения радиоимпульсов, разведкой полезных ископаемых, медицинской и технической томографией, изучением свойств атмосферы Земли и других планет, исследованиями Земли из космоса, космогонией, синергетикой, социологией, робототехникой и искусственным интеллектом, машинным переводом, компьютерной графикой, лазерной и полупроводниковой технологией, геномом человека и многим другим.

Отметим только несколько направлений исследований в Институте, которые были заложены М.В. Келдышем и сегодня успешно продолжаются. В области системного программирования было выдвинуто много основополагающих идей, сформулированы оригинальные подходы и концепции, которые в дальнейшем в значительной мере определили генеральную линию развития программирования как самостоятельной ветви информатики. В Институте выполнялись пионерские работы по созданию языков программирования и операционных систем, пакетов прикладных программ и программных комплексов. Они принесли Институту мировую известность и в этой области.

ИПМ им. М.В. Келдыша – не только ровесник мировой отрасли высокопроизводительных вычислений, но и основоположник этой отрасли в СССР и России. Традиция уделять серьезное внимание разработкам в области высокопроизводительной вычислительной техники берет свое начало в середине 50-х гг., когда само по себе использование вычислительной техники в повседневной работе математиков уже было серьезной научно-технической зада-

чей. Время шло, машины становились надежнее и проще в использовании, в том числе благодаря усилиям специалистов из ИПМ, но традиция вести пионерские разработки в области высокопроизводительной вычислительной техники и методов ее применения не прерывалась. Такие работы продолжались с разной интенсивностью на протяжении всего времени существования Института. Сегодня ситуация в области разработки и применения суперкомпьютеров напоминает ситуацию середины 1950-х гг. Напоминает масштабностью и новизной возникших задач, которые необходимо решить быстро и качественно. Пользователи и разработчики суперкомпьютеров во всем мире столкнулись с необходимостью создать в кратчайшие сроки машины совершенно новой архитектуры и научиться на них продуктивно работать. Институт Келдыша не мог остаться в стороне от этого процесса. Практически одновременно с ведущими мировыми разработчиками суперкомпьютеров новой архитектуры Институт строит совершенно новую машину, не похожую на традиционные вычислительные кластеры 3–5-летней давности. Коммуникационное оборудование этой машины было задумано, спроектировано и испытано на макетах в ИПМ. На этих же макетах заранее отработывались методы использования новой машины в реальных производственных расчетах. Такая тесная интеграция теоретических исследований и практических разработок по всей цепочке суперкомпьютерных технологий, от моделей и методов до оборудования, была и остается одной из сильных сторон Института.

Как и ранее, в ИПМ проводятся работы по математическому моделированию и расчетам ядерных реакторов различного назначения. Созданы обширный парк программ современного уровня и автоматизированные банки данных, необходимых для расчетов реальных конструкций ядерных реакторов. Ве-

дуются работы по расчетам защиты от проникающей радиации. Проводятся массовые расчеты полей проникающей радиации, инициированной ядерными взрывами устройств разного типа и в разных условиях. Ведутся работы по расчету переноса электромагнитного излучения через рассеивающие среды, в первую очередь через атмосферу Земли. Эти работы имеют приложение к мониторингу с помощью космических аппаратов атмосферы поверхностей Земли и Океана.

В Институте совместно с другими организациями разработан проект «Фобос-грунт». Проект предполагает полет космического аппарата к Фобосу, посадку на поверхность этого малого небесного тела, забор образцов грунта Фобоса и их доставку на Землю. Проект разработан совместно с Институтом космических исследований РАН и Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, НПО им. С.А. Лавочкина и НИИПМиЭ МАИ. Институт совместно с НПО им. С.А. Лавочкина разработал технические предложения по баллистике, навигации и управлению полетом космического аппарата на всех этапах полета: на этапе перелета Земля – Марс космического аппарата с электрореактивными двигателями установками (работа выполнена совместно с НИИПМиЭ МАИ), на этапе сближения с Фобосом и посадки на его поверхность, на этапе возвращения и посадки космического аппарата с образцами Фобоса на Землю.

Выдающиеся заслуги Мстислава Всеволодовича оценены государством. Он трижды Герой Социалистического Труда (1956, 1961, 1971), лауреат Ленинской (1957) и Государственных (1941, 1945) премий, награжден семью орденами Ленина, тремя орденами

Трудового Красного Знамени, шестью иностранными орденами и медалями, избран иностранным членом 16 Академий мира, почетным доктором шести университетов. Ему установлены памятники-бюсты на Аллее героев и на Миусской площади в Москве, в Риге (Латвия); памятные доски на зданиях, где он жил (Воробьевское шоссе) и работал (МГУ, Институт прикладной математики). Его память увековечена в названиях двух институтов (ИПМ и Исследовательского центра), научно-исследовательского судна («Академик Мстислав Келдыш»), площади в Москве (на пересечении улиц Обручева и Профсоюзной), кратера на Луне и малой планеты Солнечной системы. Российская академия наук награждает ученых Золотой медалью им. М.В. Келдыша «за выдающиеся научные работы в области прикладной математики и механики, а также теоретических исследований по освоению космического пространства».

Мстислав Всеволодович Келдыш прожил всего 67 лет (он умер 24 июня 1978 г. в Москве). Но его полная свершений и выдающихся результатов жизнь позволяет оценить роль личности гениального человека, посвятившего себя науке, и для развития выбранной им области исследований, и для судьбы страны.

При написании статьи использованы материалы Мемориального музея-кабинета академика М.В. Келдыша.

Э.Л. Аким, член-корреспондент РАН

Г.К. Боровин, доктор физико-математических наук

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

Анатолий Алексеевич Нефедьев

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Известный русский астроном **Анатолий Алексеевич Нефедьев** родился 10 ноября 1910 г. в городе Камень-на-Оби (Алтайский край) в семье бухгалтера Алексея Андреевича Нефедьева и домохозяйки Елены Григорьевны Нефедьевой (Шишкиной). В 1914 г. они чуть не погибли, так как сгорел весь Барнаул, где жила семья Нефедьевых. В это время отец был в командировке, и мать с тремя маленькими детьми сумела убежать из пылающего города. В 1919 г. все члены семьи, кроме старшего сына, тяжело заболели тифом, отец умер. Семью, оставшуюся без кормильца, взял на содержание брат матери, но через год во время коллективизации у него отобрали имущество, конфисковали жилье, и он умер от горя. Семья Нефедьевых была вынуждена переселиться в барак. Чтобы помочь матери, Анатолий стал подрабатывать, рисуя обертки для конфет. После окончания семилетней школы он стал работать, сначала делопроизводителем, потом бухгалтером, одновременно учился в вечерней школе.

В 1931 г. Анатолий Алексеевич поступил на физико-математический факультет Томского государственного университета. Заведующим кафедрой астрономии и астрономической обсерватории тогда был профессор Н.Н. Горячев, который прекрасно читал лекции, увлекая своих слушателей, прививая им глубокую любовь к астрономии. Он пользовался

большим уважением своих учеников, которые всегда вспоминали о нем с благодарностью.

В 1936 г. А.А. Нефедьев окончил университет и в 1938 г. поступил в аспирантуру Астрономической обсер-



*Доктор физико-математических наук,
профессор А.А. Нефедьев (1910–1976).*

ватории им. В.П. Энгельгардта (АОЭ; Земля и Вселенная, 2009, № 1), в 1941 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему *“Определение радиусов Венеры и Юпитера”*. Серьезная научная работа началась еще при поступлении в аспирантуру. С 1938 г. в течение 38 лет Анатолий Алексеевич был основным наблюдателем на уникальном телескопе-гелиометре. Он выполнил сложные и длительные ряды наблюдений по измерению диаметров Меркурия, Венеры, Марса и Юпитера. Для выявления возможных источников систематических ошибок А.А. Нефедьев, помимо обычных, провел наблюдения с цветными и нейтральными фильтрами, а для достижения однородности употреблял реверсионную призму, позволявшую получать изображения при одном определенном положении. В результате впервые в мировой практике по гелиометрическим наблюдениям были точно определены диаметры Венеры, Марса, Юпитера и Меркурия. Одновременно Анатолий Алексеевич начал свой гелиометрический ряд наблюдений для исследования физической либрации Луны, который стал очередным, шестым звеном в серии казанских либрационных рядов, начатых в 1895 г. А.В. Красновым. Кроме традиционных работ по астрометрии и фундаментальных исследований фигуры Луны, активизировались астрофизические исследования. Развитию астрофизики способствовало создание отличного телескопа-рефлектора системы Шмидта.

В 1930–1940-е гг. АОЭ организовывала экспедиции по наблюдению полных солнечных затмений, которые имели чисто астрофизическую тематику. А.А. Нефедьев неизменно принимал участие в этих экспедициях, в частности под его руководством проводились наблюдения касательных покрытий. По спектрограммам хромосферы удалось исследовать распределение водорода и гелия в солнечной атмосфере по глубине. Измерения короны очень точно показали характер падения ее яркости

с высотой. А.А. Нефедьев и Ф.К. Усманова выполнили поляризационные наблюдения короны. Материалы наблюдений опубликованы позднее, в 1942, 1945 и 1949 гг.

В 1941 г. молодые талантливые астрономы ушли на защиту Родины. Д.Я. Мартынов (в 1931–1954 гг. директор АОЭ) с огромными трудностями сумел организовать жизнь коллектива так, чтобы научная деятельность Обсерватории не прекращалась. В военные годы АОЭ осталась одной из немногих действующих обсерваторий. В конце 1941 г. в Казань была эвакуирована АН СССР во главе с ее президентом О.Ю. Шмидтом, приехало много ученых, в том числе астрономы из Москвы и Ленинграда. Казанский университет помогал организовать прибывшим работу и быт. Вместе с местными учеными они делили все тяготы военного времени. В 1941–1942 гг. сотрудников мобилизовали на рытье заградительных окопов, заготовку леса для топков паровозов. Питание было скудным, выручало подсобное хозяйство.

Астрономы продолжали свою работу. За военные годы получены сотни фотопластинок звездных полей, комет, малых планет; проведены ряды наблюдений на меридианном круге и на гелиометре. АОЭ приняло на себя обязанности по работе Бюро астрономических сообщений. Издание Астрономического циркуляра также перенесли из Ленинграда в Казань. В *“Известиях АОЭ”* печатались большие научные статьи, с 1934 г. для работ, более мелких по объему (определения положений астероидов и комет), стал издаваться Бюллетень Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта.

В 1950 г. Анатолия Алексеевича избрали членом Международного астрономического союза.

В мае 1951 г. АОЭ отмечала свой 50-летний юбилей. На празднование приехали многие ведущие астрономы из Москвы, Ленинграда, Киева и других городов. Астрономам АОЭ было что



А.А. Нефедьев читает научно-популярную лекцию. 1964 г.

показать и о чем рассказать своим коллегам. В 1954 г. Д.Я. Мартынов по семейным обстоятельствам переехал на работу в Москву, где позднее возглавил ГАИШ МГУ. Но он никогда не забывал АОЭ, которой отдал 23 года, интересовался ее научной деятельностью, старался помочь при случае казанским астрономам. Уже будучи директором ГАИШ МГУ, Дмитрий Яковлевич добился, чтобы новому 1,2-м телескопу станции ГАИШ в Крыму дали название “Телескоп имени В.П. Энгельгардта”.

В 1954 г. директором АОЭ был назначен Александр Дмитриевич Дубяго, профессор кафедры астрономии КГУ, основатель Казанской кометной школы, крестник В.П. Энгельгардта. А.А. Нефедьев, его заместитель по науке, помогал Александру Дмитриевичу и в административной деятельности. А.Д. Дубяго, как в СССР, так и за рубежом, представлял интересы Обсерватории в различных вышестоящих инстанциях. В 1959 г. Александр Дмитриевич временно скончался в возрасте 55 лет.

С уходом А.Д. Дубяго Казанская школа астрономов лишилась выдающегося ученого.

В 1950-х гг. особое развитие получили в АОЭ следующие научные направления. В первую очередь это определения склонений звезд широтных программ. В 1951–1953 гг. Л.Д. Агафонова и А.И. Нефедьева определяли склонения звезд по программе АОЭ. Вторая половина 1950-х гг. характеризовалась резким подъемом научных исследований в СССР, причем не только в системе Академии наук, но и в университетах страны. В 1956 г. АОЭ получила большой светосильный широкоугольный зенит-телескоп ЗТЛ-180, и широтные исследования приобрели особую значимость. Широкое поле зрения ЗТЛ-180 ($1^{\circ}45'$), а также возмож-



Совещание казанских исследователей Луны. Сидят: Н.Г. Ризванов, Ш.Т. Хабибуллин, А.А. Нефедьев, Л.И. Рахимов, С.Г. Валеев; стоят: Ю.А. Чиканов, Е.М. Щукин, Г.М. Столяров, С.С. Перуанский, В.В. Андреев. 1970 г.

ность определять с высокой точностью по широким шкальным парам цену оборота винта позволили вести наблюдения в течение длительного времени без изменения программы. Это очень важно для изучения векового движения полюса и нутационного движения земной оси. Данные наблюдений в дальнейшем неоднократно использовались для вычисления координат полюса. С переходом АОЭ на новую программу вопрос об организации национальной службы широты встал на реальную почву. В мае 1953 г. была создана советская Служба широты с Центральным бюро при Полтавской гравиметрической обсерватории. С этого времени результаты наблюдений широты в АОЭ стали регулярно высылать в Полтаву. На основе данных советских обсерваторий Полтавская гравиметрическая

обсерватория систематически вычисляла предварительные координаты полюса, необходимые геодезистам и Службе времени. Во второй половине 1957 г. на ЗТЛ-180 проводились наблюдения по специальной программе, на основе полученных данных в Фундаментальном каталоге слабых звезд (1953) опубликован абсолютный каталог 536 слабых звезд.

В АОЭ работала одна из самых известных лунных школ в мире. За 1895–1958 гг. сотрудниками Казанской городской астрономической обсерватории и АОЭ на гелиометре Репсольда получено семь рядов гелиометрических измерений положений кратера Местинг-А относительно точек лимба Луны. Последний такой ряд создан по наблюдениям А.А. Нефедьева. В 1955 г. Анатолий Алексеевич обработал

гелиометрический ряд А.В. Краснова. В 1957–1958 гг. Н.Д. Калининков разработал и изготовил в мастерской АОЭ совместно с механиком А.И. Урматским камеру Марковица для одновременного фотографирования Луны на фоне звезд, которую в дальнейшем использовали с целью установления равномерной шкалы эфемеридного времени.

В 1954 г. Анатолия Алексеевича наградили орденом “Знак почета”. Большим вкладом А.А. Нефедьева в изучение либрации Луны следует считать его принципиально новую точку зрения, на основе которой впервые им построены карты краевой зоны Луны на общем нулевом уровне (уровне гравитационного потенциала Луны). Такие карты являются наиболее обоснованными в теоретическом и практическом отношении.

В 1957 г. в АОЭ под руководством К.В. Костылёва создан радиолокационный (метеорный) отдел, что положило начало метеорной школы мирового значения.

В 1958 г. талантливый ученый и опытный администратор А.А. Нефедьев возглавил Обсерваторию. Его интересы распространялись практически на все области астрономии. Результатом плодотворной научной деятельности Анатолия Алексеевича в области селенодезии стала защита в 1959 г. докторской диссертации на тему *“Карты краевой зоны Луны на общем нулевом уровне”*. В том же году его утверждают профессором по специальности “Астрономия”.

В 1960 г. в РАО АН УССР (Киев) состоялось первое совещание лунной комиссии Астросовета АН СССР под руководством профессора А.А. Яковкина. Совещания по лунной тематике в дальнейшем проводились систематически раз в два-три года. На втором совещании в 1964 г. состоялись выборы председателя, им был избран А.А. Нефедьев. Впоследствии комиссии преобразовали в Рабочие группы. Если “лунная комиссия” имела



А.А. Яковкин и А.А. Нефедьев на XIX Астрометрической конференции в ГАИШ МГУ. 1972 г.

астрометрический уклон, то “лунная группа” включала планетологов и специалистов по космическим исследованиям Луны и имела общий характер. В 1970–1980-е гг. совместно с ИКИ АН СССР по космическим снимкам Луны выполнялись селенодезические исследования. Определение топографических характеристик рельефа поверхности обратной стороны и краевой зоны Луны производилось по фотографиям, сделанным АМС “Зонд-6–8”, переданных для этой цели в АОЭ ИКИ АН СССР. Наибольшее внимание было уделено изучению района Моря Восточного, выполняемому в АОЭ под руководством Анатолия Алексеевича. Со стороны ИКИ АН СССР этими работами руководил доктор физико-математических наук Б.Н. Родионов. *“За годы своего существования АОЭ, сохраняя старые традиции, не заостренела на своих прошлых достижениях, она по мере своих сил и возможностей воспринимала и развивала то новое, что дает современная наука и техника”*, — писал А.А. Нефедьев. Действительно, Обсерватория активно включилась в селенодезические исследования, обрабатывая космические снимки Луны, участвуя в международных и отечест-

венных программах по фотографической астрометрии.

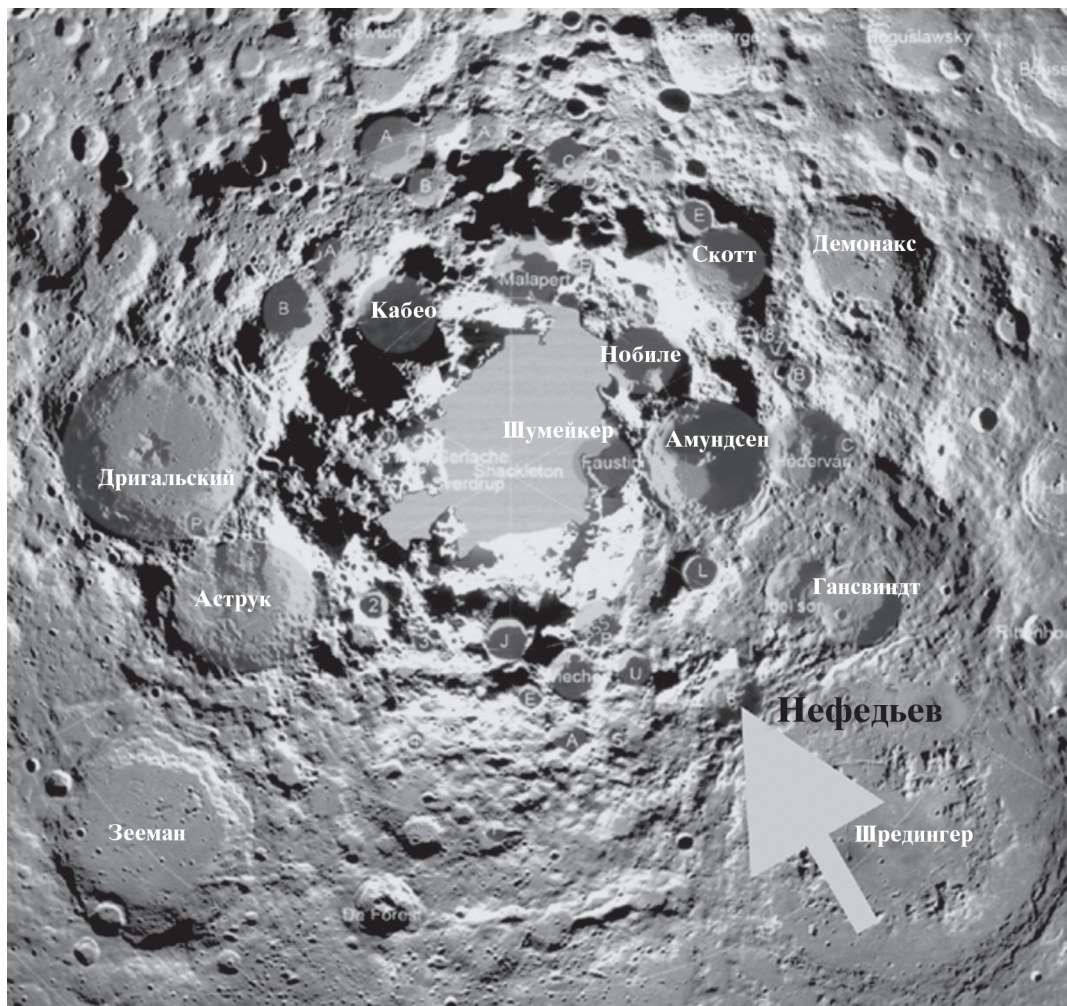
За время, когда Анатолий Алексеевич возглавлял Астрономическую обсерваторию им. В.П. Энгельгардта, были получены не только важные научные результаты, но и построены новые павильоны с современными телескопами (ЗТЛ-180, АЗТ-14, менисковый и горизонтальный), создана конструкторская группа, штат АОЭ пополнился молодыми кадрами. Личные научные связи А.А. Нефедьева с известнейшими астрономами СССР и мира позволили начать осуществление общих научных программ. Особенно хочется вспомнить таких астрономов как Д.Я. Мартынов, М.С. Зверев, А.А. Яковкин, В.К. Абалакин, И.В. Гаврилов, Д.П. Дума, А.А. Горыня, В.В. Подобед, которые были близкими друзьями и соратниками Анатолия Алексеевича, часто посещавших АОЭ. Много совместных проектов в этот период выполнены с ГАО АН СССР, ГАИШ МГУ, ИТА АН СССР, Астросоветом АН СССР, ГАО АН УССР, ИКИ АН СССР, АФИ АН КазССР, Николаевской АО, Китайской широтной станцией, ВНИИФТРИ, МИИГАИК, Полтавской широтной станцией. Это было золотое время для совместной научной деятельности, без границ и политических предрассудков.

В 1960-е – 1970-е гг. сотрудниками АОЭ выполнены наблюдения тысяч звезд по международным и национальным программам на меридианном круге; построена модель структуры Галактики; разработаны новые теории астрономической рефракции; получены уникальные крупномасштабные снимки Луны со звездами на Горизонтальном телескопе; проведены фотометрические и спектрофотометрические наблюдения в избранных площадках Каптейна; организованы наблюдения метеоров радиолокационным методом; совместно с ИКИ АН СССР обработаны фотографии обратной стороны Луны, а также выполнен большой ряд других значимых проектов. Оглядываясь

назад, можно только удивляться, как много очень важных наблюдений, их интерпретаций, теоретических исследований выполнил сравнительно небольшой коллектив АОЭ.

В начале 1970-х гг. успехи электроники и вычислительной техники создали условия для повсеместного перехода от визуальных и фотографических наблюдений к фотоэлектрическим. Появилась техническая основа для автоматизации процесса астрономических наблюдений. Это стимулировало привлечение специалистов по электронике и вычислительной технике в различные области астрономических экспериментов. В 1973 г. в АОЭ О.Е. Шорников организовал новое структурное подразделение – конструкторскую группу. В ней созданы автоматический измеритель астронегативов, построен быстрый электрофотометр для телескопа АЗТ-14, разработано устройство для высокоточного фотоэлектрического отсчета лимбов пулковского Фотографического вертикального круга и впервые в астрономической практике СССР был создан на основе ГМК им. Л.А. Сухарева автоматический меридианный круг. Это был первый, как принято сейчас называть, телескоп-робот.

В 1972 г. А.А. Нефедьев поставил перед Казанским госуниверситетом вопрос о строительстве 1,5-м рефлектора. Придавая большое значение наблюдениям, в 1979 г. руководство Университета приняло решение о строительстве нового телескопа АЗТ-22 диаметром 1,5 м. Телескоп был построен в 1991 г. на Ленинградском оптико-механическом объединении. В результате совместных усилий Казанского госуниверситета, АН Татарстана, ИКИ РАН и Комитета по науке и технике Турции телескоп установили в 2000 г. в Турецкой обсерватории на горе Бакирлетепе (в окрестности Анталии). В настоящее время на телескопе проводят наблюдения по нескольким программам: гравитационные линзы,



Карта участка Южного полюса Луны с кратером Нефедьев. 2009 г.

тесные двойные системы, оптическое послесвечение гамма-вспышек, уточнение систем координат, оптическое сопровождение европейской космической обсерватории "Интеграл" (совместно с ИКИ РАН). Дальнейшее оснащение телескопа современной приемной аппаратурой выведет его на уровень лучших телескопов мира подобного диаметра.

А.А. Нефедьев всегда проявлял большую заботу о сотрудниках обсерватории. При нем были построены два многоквартирных жилых дома, общежитие, магазин, столовая, комфортабельная баня, водонапорная башня, введен в строй новый артезианский колодец, проведены телефонизация и газификация АОЭ. С большими трудностями построена котельная для централизованного парового отопления зданий АОЭ.

Анатолий Алексеевич опубликовал более 70 научных работ. К числу основных относятся монографии "Карты рельефа краевой зоны Луны на общем

нулевом уровне” (1958) и “Физическая либрация Луны” (1970).

А.А. Нефедьев был великолепным лектором, вел большую преподавательскую работу в Казанском государственном университете, подготовил плеяду кандидатов и докторов наук, его ученики стали крупными руководителями, профессорами и академиками, он также был активным популяризатором астрономической науки.

Несколько слов о семье А.А. Нефедьева. Его супруга Антонина Ивановна Нефедьева – известный астроном, заслуженный профессор Казанского государственного университета, заведующая Астрометрическим отделом АОЭ. Старший сын, Леонид Анатольевич Нефедьев, – известный физик, доктор физико-математических наук (1989), профессор (1990), заведующий кафедрой общей физики (1990) Казанского федерального университета. Один из авторов этой статьи – Юрий Анатольевич Нефедьев, младший сын А.А. Нефедьева, – стал тоже астрономом, доктором физико-математических наук (2007), профессором (2007) и директором АОЭ (2008).

Особо необходимо отметить Анатолия Алексеевича как личность. Все, кто работал и общался с ним, до сих пор вспоминают его как скромного, сильного и красивого человека, интеллигента с большой буквы.

Умер А.А. Нефедьев 14 сентября 1976 г., похоронен на кладбище, расположенном на территории Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта.

22 января 2009 г. решением Международного астрономического союза именем Анатолия Алексеевича Нефедьева назван кратер диаметром 40,2 км (135,15° з.д. и 81,14° ю.ш.) вблизи Южного полюса Луны. 10 июля 2010 г. на главном административном здании АОЭ во время проведения Международной конференции “Космические горизонты астрономии и геодезии” в память об А.А. Нефедьеве открыта мемориальная доска.

А.И. НЕФЕДЬЕВА,

доктор физико-математических наук,

Ю.А. НЕФЕДЬЕВ,

доктор физико-математических наук,

директор АОЭ

Информация

Роль МКС в будущих межпланетных полетах

Роскосмос, Европейское космическое агентство и NASA в октябре 2010 г. обсудили возможность использования Международной космической станции в качестве платформы для будущих экспедиций в даль-

ний космос. Участники создания и эксплуатации МКС хотели бы ее использовать, например, как полигон для испытаний ракетной техники следующего поколения, которая будет применяться при полетах к Луне, Марсу и астероидам. Представители агентств рассматривали план принятия новой стратегии по превращению МКС в околоземную базу, с которой стартовали бы космические корабли в межпланетное пространство. Предполагается доставлять различные элементы и агрегаты космического корабля на МКС и

сбирать его из нескольких модулей на орбите ИСЗ, а затем отправляться в лунные и межпланетные экспедиции. А пока можно было бы провести на МКС эксперименты для отработки необходимых технологий, включающие испытания новых космических роботов для сборки конструкций, надувных орбитальных модулей, оранжерей, систем по защите от космической радиации.

Пресс-релизы Роскосмос
и NASA,
13 октября 2010 г.

Баксанская нейтринная обсерватория

В.В. КУЗЬМИНОВ,
заведующий Баксанской
нейтринной обсерваторией ИЯИ РАН,
кандидат физико-математических наук

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОБСЕРВАТОРИИ

В конце 1950-х гг. появились идеи о создании специализированного подземного комплекса для проведения фундаментальных исследований в области нейтринной астрофизики и физики космических лучей. В нашей стране работы в этой области проводились под руководством академика М.А. Маркова. В 1960-е гг. М.А. Марков предложил исследовать слабые взаимодействия в подземных экспериментах с помощью нейтрино космических лучей. Предложенный им метод основан на регистрации мюонов, рожденных при взаимодействии нейтрино с нуклонами вещества в недрах Земли. Были выполнены теоретические расчеты, сделаны первые оценки интенсивности потока нейтрино

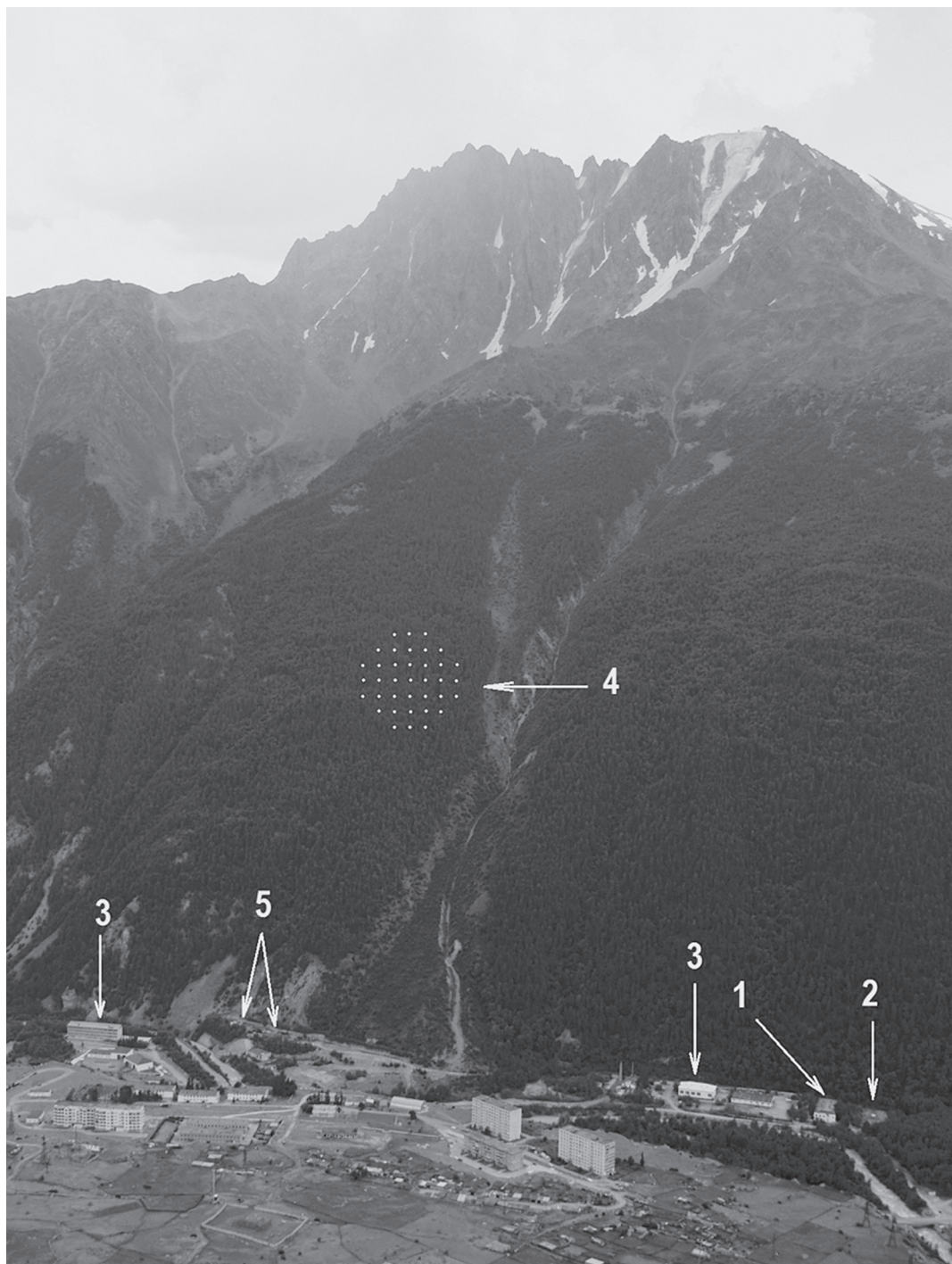
высоких энергий от возможных галактических источников.

Другое направление исследований, возможных только в подземных условиях, возникло как результат разработки методов регистрации и измерения потока нейтрино, идущих от Солнца. Необходимость подземного расположения установок вызвана тем обстоятельством, что на поверхности Земли фон, создаваемый в детекторах мюонами космических лучей, многократно превышает ожидаемый эффект и полностью его маскирует.

По инициативе М.А. Маркова начались поиски подходящих достаточно глубоких подземных выработок, пригодных для размещения экспериментальных установок. Готовых шахт с нужными условиями в стране не оказалось, по-

этому приняли решение построить специальный комплекс подземных лабораторий, расположенных в горизонтальной штольне под горой достаточной высоты.

19 июня 1963 г. вышло постановление Президиума АН СССР о строительстве подземной станции и создании в ФИАН лаборатории “Нейтрино”, ее заведующим назначили доктора физико-математических наук, будущего академика АН СССР Г.Т. Зацепина, заведующим сектором – доктора физико-математических наук, будущего члена-корреспондента АН СССР А.Е. Чудакова. К 1967 г. было закончено научное обоснование и разработан проект нейтринной станции (первый заведующий – доктор физико-математических наук А.А. Поманский), в том же году начали строительство. Место



Баксанская нейтринная обсерватория и поселок Нейтрино. На фотографии, сделанной со склона Баксанского ущелья, обращенного к югу, цифрами отмечены наземные научные сооружения Обсерватории: 1 – здание “Эллинг” с установкой “Ковер”, 2 – заглубленный зал с установкой “Ковер-2”, 3 – лабораторные корпуса, 4 – нагорная установка “Андырчи”, 5 – входы в штольни “Главная” и “Вспомогательная”.

для будущей обсерватории выбрали недалеко от горы Эльбрус в Баксанском ущелье (Кабардино-Балкария). Проект предусматривал строительство двух параллельных горизонтальных штолен в горе Андырчи (высота горы – более 4 тыс. м), вдоль которых предполагалось разместить лаборатории с физическими установками. В конце штольни длиной около 4 тыс. м поток мюонов космических лучей почти на семь порядков ниже, чем на поверхности.

Первоначальный проект предусматривал строительство только двух подземных установок: **сцинтилляционного телескопа и хлор-аргонового нейтринного телескопа**, но в дальнейшем произошли существенные его изменения. Построены другие научные сооружения, станция приобрела статус обсерватории. Одновременно предусматривалось строительство необходимых инженерных и хозяйственных сооружений и жилого поселка для сотрудников. Реализация этих замыслов привела к созданию **Баксанской нейтринной обсерватории** Института ядерных исследований РАН и пос. Нейтрино. Это был первый в мире специально построенный научный комплекс подземных лабораторий для широкого круга исследова-

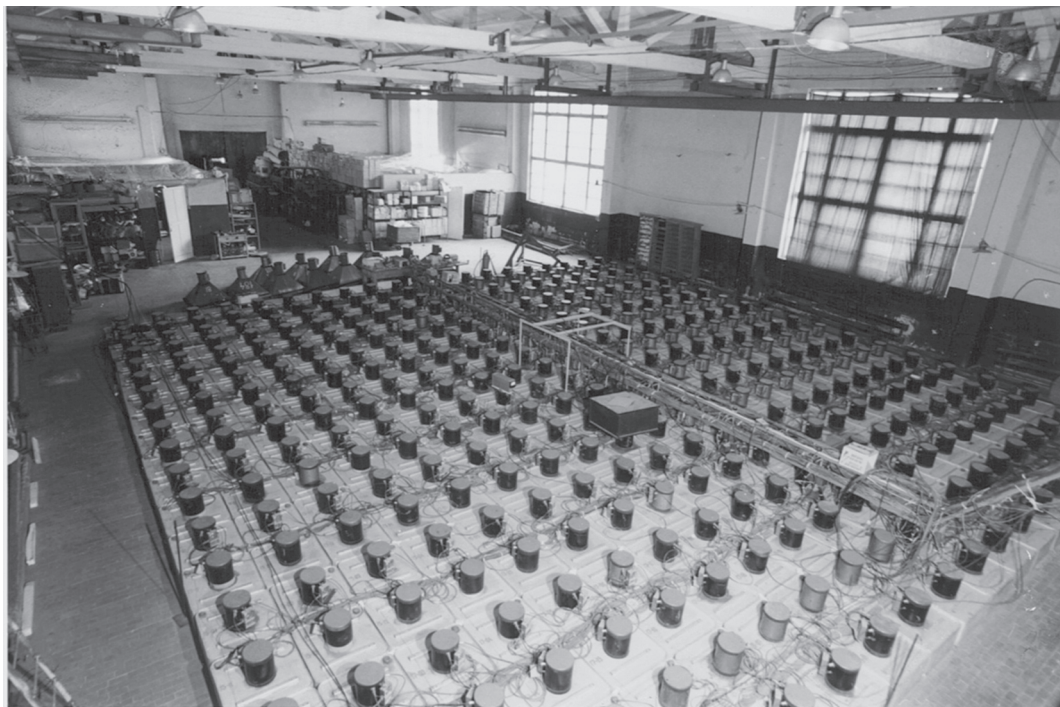
ний в области физики космических лучей, элементарных частиц и нейтринной астрофизики. В 1998 г. группе ученых, внесших основной вклад в создание Баксанской нейтринной обсерватории, – Е.Н. Алексею, А.В. Воеводскому, В.Н. Гаврину, Г.Т. Зацепину, А.А. Поманскому, А.Н. Тавхелидзе и А.Е. Чудакову – была присуждена Государственная премия. Позже за создание галлий-германиевого нейтринного телескопа и выдающийся вклад в исследование солнечных нейтрино В.Н. Гаврину и Г.Т. Зацепину были присуждены премия имени Б.М. Понтекорво и Золотая медаль им. Д.В. Скобельцына.

НАЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС

В 1973 г. введен в эксплуатацию первый научный объект Обсерватории – наземный экспериментальный зал “Эллинг” с установкой “Ковер” из 400 типовых сцинтилляционных детекторов. Каждый детектор представляет собой прямоугольный алюминиевый бак размерами 70 × 70 × 30 см, заполненный жидким сцинтиллятором на основе уайт-спирита – высокоочищенной керосиновой фракции нефти. Сцинтиллятор просматривается фотозлектронным умножителем через ил-

ный в центральном круглом отверстии большой грани. Фотоумножитель накрыт цилиндрическим светонепроницаемым экранирующим металлическим кожухом с прикрепленным снаружи блоком первичной электроники. Информация снимается с анода, 5-го и 12-го динода фотозлектронного умножителя. Прохождение заряженной релятивистской частицы сопровождается выделением энергии порядка 50 МэВ, что соответствует появлению на аноде фотозлектронного умножителя сигнала амплитудой 70 мВ на нагрузке 75 Ом. Анодные сигналы типовых сцинтилляционных детекторов суммируются последовательно в группы по 20, 100 и 400 детекторов. С динодов импульсы поступают соответственно на преобразователь “амплитуда – время” и интегральный дискриминатор, расположенные на кожухе фотозлектронного умножителя. Анализ амплитудного распределения сигналов с типовых сцинтилляционных детекторов и задержек поступления сигналов на регистрирующее устройство позволяет восстановить картину пространственного распределения частиц и направление их прихода в случае регистрации широкого атмосферного ливня (ШАЛ).

Эта установка представляет собой точную



копию одного из слоев Баксанского подземного сцинтилляционного телескопа с непрерывной площадью регистрации около 200 м². На ней, в частности, решался ряд задач по отработке методики проведения экспериментов на телескопе. Однако основное назначение прибора состояло в исследовании первичных космических лучей (к.л.) в диапазоне $5,7 \times 10^9 - 10^{16}$ эВ, в изучении механизмов и характеристик их взаимодействия с веществом земной атмосферы путем регистрации одиночной вторичной компоненты и ШАЛ, образующихся в результате таких взаимодействий. Центральный секционированный де-

тектор дополнен шестью выносными пунктами, содержащими по девять типовых сцинтилляционных детекторов. Четыре пункта распределены симметрично на окружности радиусом 30 м относительно центра "Ковра", два – на окружности радиусом 40 м. В отдельном помещении "Эллинга" установлен нейтронный монитор – детектор нейтронов, рожденных космическими лучами.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Исследование структуры центральной части ШАЛ. Анализ событий позволил интерпретировать подстволы в многостольных ливнях как следствие генерации

Установка "Ковер" лаборатории БПСТ. Она содержит 400 сцинтилляционных детекторов общей площадью 200 м².

струй частиц с большими поперечными импульсами и оценить сечение этого процесса в адрон-адронных взаимодействиях при энергии до 500 ГэВ. Результат этого эксперимента, впервые подтвердившего предсказания квантовой хромодинамики, был опубликован раньше, чем соответствующее сечение, измеренное на SPS-коллайдере в ЦЕРН (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire – Европейский совет по ядерным исследованиям, Швейцария).

2. *Исследование вариаций космических лучей.* Огромный темп счета одиночных мюонов к.л. ($\sim 4,3 \times 10^4 \text{ с}^{-1}$) позволяет иметь высокую статистическую точность даже за малые интервалы времени (0,03% за 4 мин). Благодаря этому на установке оказалось возможным наблюдение очень короткопериодических вариаций (микровариаций). Отсутствие таковых было продемонстрировано на установке "Ковер" на уровне достоверности 0,001%. Однако в ходе этой работы был обнаружен новый тип спорадических вариаций с малым характерным временем, связанных с метеорологическими эффектами. Сильная корреляция с величиной электрического поля в атмосфере (вариации такого типа наблюдаются только во время грозы) позволила не только объяснить это явление, но и описать его количественно. Самым интересным из спорадических изменений интенсивности к.л. является гигантское возрастание во время мощной солнечной вспышки 29 сентября 1989 г. Впервые в этом событии наблюдалось присутствие частиц солнечного происхождения с энергией, достигающей 10^{10} эВ. Наиболее яркие данные получены именно на установке "Ковер".

3. *Исследование анизотропии космических лучей.* Регистрация ливней малой мощности, соответствующих пер-

вичным к.л. с энергией 10^{13} эВ, позволила измерить их анизотропию при этой энергии. В темпе счета таких ливней обнаружены первая и вторая гармоники в звездном времени. Полученное на основании этих данных значение анизотропии к.л. при 10^{13} эВ равно $0,05 \pm 0,005\%$.

4. *Гамма-астрономия сверхвысоких энергий.* По этой программе ведется непрерывная регистрация атмосферных ливней с энергией больше 10^{14} эВ. При анализе данных одновременно решается несколько задач: поиск точечных источников γ -квантов таких энергий; поиск сигналов от протяженных источников γ -излучений (в первую очередь от галактической плоскости); измерение анизотропии к.л. при этих энергиях; поиск вспышечной активности известных рентгеновских и гамма-источников. Наиболее интересный результат, полученный к настоящему времени, — регистрация вспышки 23 февраля 1989 г. в Крабовидной туманности. Данные об этой вспышке впервые опубликованы группой, работающей на установке "Ковер". Позже были получены подтверждения эффекта на установках "Коллар Голд Филдс" (Индия) и "EAS Тор" в Гран Сассо (Италия).

5. *Исследование вариаций потока атмосферных нейтронов.* По этой программе ведется

непрерывная регистрация темпа счета нейтронного монитора. Данные поставляются в мировую сеть. По результатам анализа параметров вариаций исследуются характеристики вспышек на Солнце и их влияние на межпланетное магнитное поле. Характеристики установки "Ковер" для программы "Гамма-астрономия сверхвысоких энергий" улучшились после ввода в строй в 1998 г. первой очереди мюонного детектора ("Ковер-2"), расположенного в средней секции трехсекционного подземного зала размерами $6 \times 48 \times 4$ м на расстоянии около 40 м от центра "Ковра" под слоем грунта толщиной 2 м (или 5 м водного эквивалента). Грунт служит поглотителем мягкой компоненты к.л.

Для создания новой установки — "Ковер-2" — использовано 175 сцинтилляционных детекторов площадью 1 м^2 каждый, изготовленных из пластмассового сцинтиллятора толщиной 5 см. Непрерывная площадь регистрации установки — 175 м^2 ($5 \times 35 \text{ м}$), пороговая энергия для регистрируемых мюонов равна 1 ГэВ, чувствительность установки — $0,004 \text{ частицы/м}^2$. Благодаря ей стало возможным проведение исследований мюонной компоненты в составе ШАЛ. Получена зависимость среднего числа зарегистрированных на установке "Ковер-2" мюонов (N_μ)



с $E \geq 1$ ГэВ от полного числа ливневых частиц (N_e), регистрируемых установкой "Ковер", в виде $N_\mu \sim N_e^\alpha$, где $\alpha = 0,8$. Анализ информации с мюонного детектора (вместе с установкой "Ковер") позволил существенно увеличить чувствительность эксперимента по поиску локальных источников γ -квантов сверхвысоких энергий, начать исследования химического состава первичных к.л. с $E \geq 10^{14}$ эВ, изучать вариации мюонов с энергиями более 1 ГэВ.

Установка "**Андырчи**", предназначенная для регистрации ШАЛ с энергией больше 10^{14} эВ, начала работать в 1996 г. Она размещена на поло-

гом участке склона горы Андырчи и состоит из 37 стандартных детекторов площадью 1 м^2 каждый на основе пластмассовых сцинтилляторов. Детекторы расположены на площади 45 тыс. м^2 с шагом около 40 м. Центральный детектор установки расположен над Баксанским подземным сцинтилляционным телескопом на расстоянии по вертикали 350 м. Перепад высоты по площади размещения детекторов достигает 150 м. Для подобных установок чрезвычайно актуальной является проблема безопасной эксплуатации в периоды грозовой активности. Эта задача была успешно решена.

Стандартный сцинтилляционный детектор на установке "Андырчи".

Принцип действия защиты от молний основан на регистрации импульсных электромагнитных колебаний, возникающих в результате разрядов молний. При превышении заданного порога амплитуды колебаний, увеличивающихся по мере приближения грозы, единая сеть электрических проводов в пункте сбора информации автоматически размыкается на короткие сегменты, которые отключаются от регистратора и нагру-

жаются на разрядники. Рабочая конфигурация соединений проводов восстанавливается после окончания грозы.

На установке проводятся исследования в следующих областях: γ -астрономия сверхвысокой энергии; анизотропия первичных космических лучей в области энергий 10^{14} – 10^{17} эВ; γ -всплески с жестким спектром излучения (совместно с астрономической обсерваторией на пике Терскол).

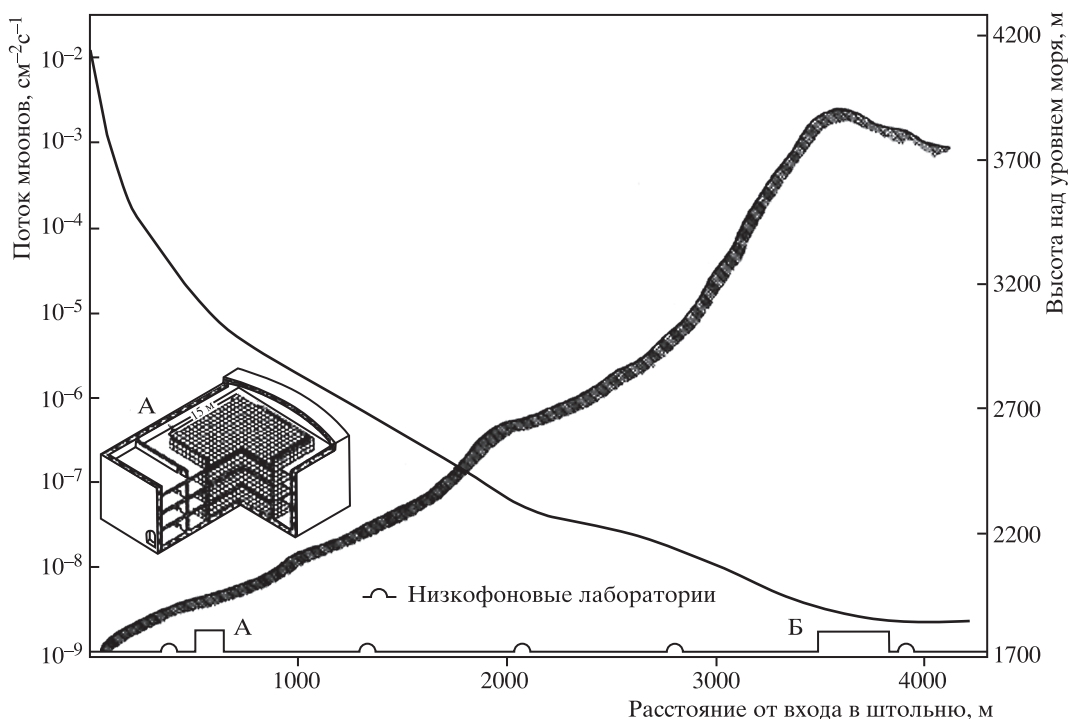
Комплекс “Андырчи” и Баксанский подземный скintилляционный телескоп уникальны, в настоящее время у него

нет аналогов в мире. Основной целью его создания было исследование спектра и состава к.л. в области 7×10^{14} – 10^{17} эВ вокруг излома в спектре ШАЛ (резкое изменение формы энергетического спектра вблизи энергии 3×10^{15} эВ). Одним из экспериментов, проводимых на комплексе “Андырчи”, является проверка гипотезы об изменении характера взаимодействия первичных частиц с энергией около 3×10^{15} эВ с ядрами атомов воздуха. Эта гипотеза может объяснить наблюдаемый излом в спектре ШАЛ по N_E без привлечения предпо-

ложений об изменении спектра и/или состава первичных космических лучей.

ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС УСТАНОВОК ОБСЕРВАТОРИИ

В 1978 г. введен в строй **Баксанский подземный скintилляционный телескоп** – многоцелевая подземная установка, предназначенная для решения большого круга задач астрофизики, физики элементарных частиц и к.л. Телескоп расположен в горной выработке объемом 12 тыс. м³ на расстоянии 550 м от начала горизонтального



Продольный разрез подземного комплекса лабораторий Обсерватории, размещенных в обустроенных горных выработках под горой Андырчи (жирная кривая): А – сцинтилляционный телескоп, Б – галлий-германиевый нейтринный телескоп. Величина потока мюонов в подземной лаборатории зависит от глубины расположения (тонкая кривая).



Сцинтилляционные детекторы на верхней горизонтальной плоскости Баксанского подземного сцинтилляционного телескопа.

тоннеля. Эффективная толщина грунта над телескопом — 850 г/см^2 . Установка представляет собой четырехэтажное здание с основанием площадью 280 м^2 и высотой $11,1 \text{ м}$. Здание телескопа собрано из бетонных блоков, изготовленных из низкорadioактивных бетона и щебня. Межэтажные перекрытия толщиной $0,8 \text{ м}$ засыпаны мелкими фракциями дунитового щебня (150 г/см^2). Общая масса телескопа примерно 2500 т , количество детекторов — 3180 , полная масса сцинтиллятора в них — 330 т . Шесть внешних и два внутренних регистри-

рующих слоя (по четыре горизонтальных и вертикальных) изготовлены из типовых сцинтилляционных детекторов.

В телескопе сигналы с индивидуальных типовых сцинтилляционных детекторов снимаются и обрабатываются таким же образом, как и в установке «Ковер». Порог преобразователя «А — Т» соответствует прохождению через детектор десяти релятивистских частиц. Порог интегрального дискриминатора соответствует энерговыделению 10 МэВ . Сигналы с индивидуальных преобразователей «А — Т», интегральных дискримина-

торов и анодные сигналы от групп детекторов каждого слоя телескопа поступают на регистрирующие устройства, расположенные в аппаратном зале. Анализ характеристик совокупности сигналов позволяет определить координаты детекторов, через которые прошли частицы, и направления их прихода. Информация от регистрирующих устройств, а также от систем абсолютного и относительно времени поступает по каналу прямого доступа в ЭВМ. Каждые 15 мин вся накопленная и предварительно обработанная информация передается

по оптоволоконному кабелю на сервер. На телескопе одновременно работает около десятка диагностических программ, поставляющих информацию о работоспособности всех систем телескопа.

Относительно небольшая толща горы над местом расположения телескопа снизила фон атмосферных к.л. в 3600 раз (темп счета одиночных мюонов с энергией больше 0,2 ТэВ составляет 12 с^{-1} [штук в секунду]). С одной стороны, этого оказывается достаточно для решения задачи регистрации редких процессов (измерение потока мюонов, рожденных нейтрино высоких энергий; поиск нейтринных всплесков, сопровождающих коллапс звезд в Галактике). С другой стороны, остаточная интенсивность к.л. позволяет с хорошей статистической обеспеченностью решать большой круг задач в области физики к.л. (анизотропия лучей с энергией больше 10^{12} эВ, химический состав первичных к.л. с энергией в диапазоне 10^{12} – 10^{16} эВ, взаимодействие с веществом мюонов с энергией больше 1 ТэВ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА БПСТ

На подземном сцинтилляционном телескопе получены важные результаты:

- измерен поток мюонов, рожденных атмосферными нейтрино космических лучей в грунте под БПСТ: $[I_{\mu}^V = (2,60 \pm 0,15) \times 10^{-13} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}]$;

- получены одни из первых ограничений на параметры осцилляций атмосферных нейтрино типа $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_{\tau}$ и $\nu_{\mu} \rightarrow \nu_e$;

- получено ограничение на поток нейтрино высоких энергий от локальных источников из плоскости Галактики;

- получено наилучшее в мире ограничение на поток медленных тяжелых магнитных монополей – гипотетических частиц, являющихся носителями элементарного магнитного заряда одной полярности (полярность одного полюса магнита) $[P \leq 5,5 \times 10^{-16} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}]$;

- измерены амплитуда $[(12,3 \pm 2) \times 10^{-4}]$ и фаза $[1,6 \pm 0,8]$ первой гармоники анизотропии к.л. в звездном времени (относительное отклонение интенсивности к.л., приходящих из последовательно заданных участков небесной сферы, циклически просматриваемых БПСТ, от среднесуточного значения);

- в течение 29 лет ведется служба наблюдения за нейтринными всплесками от гравитационного коллапса звезд в Галактике. По данным наблюдений за весь период (25,6 года) получены ограничения на частоту вспышек f и средний интервал между

вспышками сверхновых: $T: f < 0,09 \text{ года}, T > 11,1 \text{ года}$;

- зарегистрирован поток нейтрино от коллапса звезды SN 1987A в Большом Магеллановом Облаке одновременно с установками США, Италии, Японии;

- проведено исследование стабильности протона в ядрах вещества; полученное ограничение на время жизни протона ($T \geq 0,9 \times 10^{31} \text{ лет}$) было в свое время лучшим в мире;

- измерен поток высокоэнергичных нейтронов, генерируемый мюонами в скальном грунте $[P_n = (3,8 \pm 0,5) \times 10^{-8} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}]$;

- разработан и реализован в эксперименте метод разделения адронных и электромагнитных каскадов, основанный на регистрации π - μ - e -распадов, сопровождающих каскад;

- измерено полное сечение адронного фотопоглощения до энергий фотонов 10 ТэВ;

- данные по измерению химического состава первичных к.л. с энергиями 10^{12} – 10^{16} эВ хорошо согласуются с результатами прямых измерений при более низких (10^{12} эВ) энергиях;

- на основе измеренной доли ядерных каскадов получены экспериментальные данные по сечению γ -N взаимодействия в диапазоне энергий 40–130 ГэВ. Эти данные, объединенные с



Самая глубокая низкофоновая лаборатория НЛГЗ-4900 Баксанской нейтринной обсерватории.

данными, полученными в немецком физическом центре “DESY” (Гамбург) на коллайдере HERA, подтверждают эффект более быстрого роста фотон-адронного сечения по сравнению с ростом сечений адрон-адронных взаимодействий;

— предложены, разработаны и реализованы два новых метода изучения мюонной компоненты широких атмосферных

ливней; методы позволяют получить новую информацию об энергетическом спектре и массовом составе первичных к.л. в области энергий 10^{15} – 10^{17} эВ;

— развита и реализована методика пересчета от спектра кратностей мюонов к спектру ШАЛ по полному числу мюонов, который, в отличие от спектра кратностей, является объективной (не

зависящей от установки) характеристикой потока первичных к.л. Эта методика позволяет выполнить прямое сравнение данных, полученных в разных экспериментах с мюонными группами.

НИЗКОФОНОВЫЕ ЛАБОРАТОРИИ

Для проведения ряда исследований чрезвычайно редких реакций и распадов с энергосвободением, не превышающим 4 МэВ, требуются условия, в которых не только фон к.л. снижен до максимально возможного уровня, но одновременно до предела снижен фон ионизирующих излучений от распада естественных радиоактивных элементов в окружающей среде. Результат достигается экранированием экспериментальной подземной установки комбинированным слоем высокочистых защитных материалов, поглощающих эти излучения, и использованием высокочистых материалов в конструкции самой установки. К данному направлению исследований относятся задачи поиска различных мод двойного бета-распада ряда изотопов; поиск частиц, образующих темную материю Вселенной; проверка закона сохранения электрического заряда и др. В Обсерватории эти исследования проводятся в трех специально созданных под-

земных **низкофоновых лабораторных помещений** (камерах): 1) низкофоновая камера (НИКА) на расстоянии 385 м от входа (глубина – 660 м водного эквивалента; полезная площадь – 100 м²; введена в строй в 1974 г.); 2) камера прецизионных измерений (КАПРИЗ) на расстоянии 620 м от входа (1000 м водного эквивалента; полезная площадь – 20 м²; введена в строй в 1985 г.); 3) низкофоновая лаборатория глубокого заложения (НЛГЗ) на расстоянии 3670 м от входа (4900 м водного эквивалента; полезная площадь – 200 м²; введена в строй в 1993 г.; модернизирована в 2008 г.). Поток к.л. в помещениях снижен в 2×10^3 , 8×10^3 и 10^7 раз соответственно.

За годы существования и развития комплекса низкофоновых лабораторий выполнен ряд методических и исследовательских работ, в результате которых были созданы низкофоновые установки с полупроводниковыми, газовыми и сцинтилляционными детекторами.

С их помощью проводились исследования радиоактивности различных материалов, в том числе исследовано распределение космогенных радиоактивных изотопов в образцах лунного грунта, доставленных АМС “Луна-16, -20 и -24”; измерено содержание кос-

могенного изотопа ⁸¹Kr в атмосферном криптоне с целью проверки гипотезы о постоянстве интенсивности космических лучей на протяжении последних нескольких сот тысяч лет; определен набор серийно выпускаемых металлов, имеющих минимальное содержание естественных радиоактивных элементов, пригодных для создания сверхнизкофоновых установок.

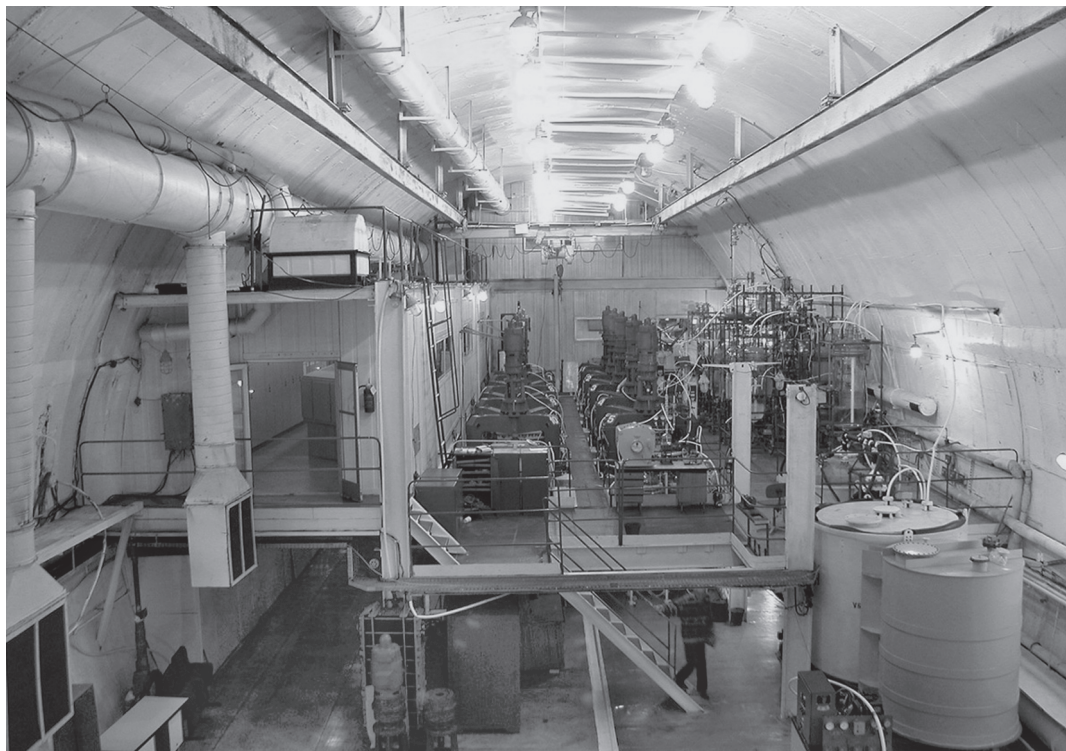
Выполнены эксперименты по поиску двухнейтринного и безнейтринного 2β-распада изотопов ⁷⁶Ge, ¹⁰⁰Mo, ¹⁵⁰Nd, ¹³⁶Xe, двойного К-захвата изотопов ⁷⁸Kr и ¹²⁴Xe, другие поисковые измерения.

ГАЛЛИЙ-ГЕРМАНИЕВЫЙ НЕЙТРИННЫЙ ТЕЛЕСКОП

Галлий-германиевый нейтринный телескоп (ГГНТ) предназначен для проведения измерений потока солнечных нейтрино. Данные о потоке содержат уникальную информацию о термоядерных реакциях в центральных областях Солнца и о свойствах нейтрино. Исследования на ГГНТ проводятся с 1986 г. в рамках российско-американского эксперимента SAGE (Soviet American Gallium Experiment). Принцип работы телескопа основан на реакции захвата нейтрино (ν_e) ядром ⁷¹Ga с образованием ядра ⁷¹Ge и электрона (e^-): ⁷¹Ga (ν_e ,

e^-) ⁷¹Ge. Достоинством данного метода детектирования, предложенного в 1965 г. советским ученым (ныне членом-корреспондентом РАН) В.А. Кузьминым, является низкий энергетический порог реакции, который составляет 0,233 МэВ, что существенно ниже максимальной энергии 0,423 МэВ нейтрино от рр-цепи. Благодаря этому галлиевый нейтринный телескоп позволяет регистрировать рр-нейтрино, дающие наибольший вклад в полный поток солнечных нейтрино. Радиоактивный изотоп ⁷¹Ge распадается путем электронного захвата с периодом полураспада $T_{1/2} = 11,4$ дня. Распады атомов ⁷¹Ge могут быть зарегистрированы, и таким образом будет определено число произошедших реакций и рассчитан поток нейтрино.

Подземный комплекс лаборатории ГГНТ расположен на расстоянии 3,5 км от входа в штольню. Основное помещение лаборатории представляет собой экспериментальный зал длиной 60 м, шириной 10 м и высотой 12 м. Горные породы над лабораторией создают защиту от мюонов к.л., соответствующую 4700 м водного эквивалента, и дают ослабление потока мюонов в 10^7 раз. Измеренный поток мюонов составляет $(3,03 \pm 0,10) \times 10^{-9} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$. Для снижения нейтронного и γ -фона



Реакторный зал галлий-германиевого нейтринного телескопа Обсерватории.

от окружающих горных пород зал облицован низкорадиоактивным бетоном толщиной 600 мм и стальным листом толщиной 6 мм. Поток нейтронов с энергией 1,0–11 МэВ в лаборатории не превышает $2,3 \times 10^{-7} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$. В состав подземного комплекса входят помещения для аналитической химии, системы регистрации распадов ^{71}Ge , низкофонового полупроводникового Ge детектора и ряда других вспомогательных подразделений.

В телескопе в качестве мишени используется около 50 т расплавленного металлического галлия, находящегося в семи химических реакторах. Естественная распространенность изотопа ^{71}Ga в галлии равна 39,6%. При ожидаемом потоке нейтрино от Солнца $6 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ (60 млрд нейтрино на квадратный сантиметр в секунду) в 50 т металлического галлия в течение месяца образуется около 25 атомов ^{71}Ge . Для извлечения единичных атомов ^{71}Ge из мишени была разработана уникальная технология, которая является одним из основных технологических процессов телескопа.

Полная эффективность извлечения атомов ^{71}Ge из галлиевой мишени, содержащей 5×10^{29} атомов ^{71}Ga , составляет примерно 90%. Периодичность извлечения – 30 сут. Из извлеченного ^{71}Ge синтезируется газ GeH_4 (моногерман) – основная компонента рабочей газовой смеси. Смесь помещается в пропорциональный счетчик, с его помощью осуществляется регистрация распадов атомов ^{71}Ge в системе регистрации ГГНТ.

Регистрация редких распадов атомов ^{71}Ge в пропорциональном счетчике продолжается в течение четырех месяцев (≥ 10 периодов полураспада ^{71}Ge), затем не менее

двух месяцев измеряется фон. Информация о событиях в пропорциональном счетчике в режиме on-line по оптоволоконному каналу передается на сервер локальной вычислительной сети лаборатории ГГНТ (ЛГГНТ) в наземную лабораторию. Полный цикл операций облучения мишени, извлечения продуктов и счета распадов атомов ^{71}Ge называется *ран*.

РЕЗУЛЬТАТЫ КАЛИБРОВОЧНОГО И ОСНОВНОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Убедительным подтверждением достоверности результатов, получаемых в эксперименте SAGE, прямой проверкой методики извлечения продуктов реакции и расчетов выхода реакции стал эксперимент с использованием искусственного источника нейтрино ^{51}Cr интенсивностью $19,1 \times 10^{14} \text{ с}^{-1}$, испускающего нейтрино с энергией 750 кэВ (90%) и 430 кэВ (10%). Результат данного эксперимента, выраженный как отношение измеренной скорости образования ^{71}Ge к ожидаемой скорости от источника известной мощности, составил $0,95 \pm 0,12\%$. Это можно рассматривать как прямое доказательство надежности измерений потока солнечных нейтрино, проводимых в эксперименте SAGE.

С января 1990 г. по декабрь 2007 г. обработаны результаты эксперимента SAGE, в которые вошли данные 168 завершенных солнечных ранов. Объединенный результат этих данных составляет $65,4 \pm 4 \text{ SNU}$ ($1 \text{ SNU} = 1$ взаимодействие в секунду в мишени, содержащей 10^{36} атомов активного изотопа). Полученное значение составляет 51% от величины $127,9 \pm 8,1 \text{ SNU}$, предсказанной по Стандартной Солнечной Модели (CCM) BPS08 без учета осцилляций. Совместное рассмотрение этого результата SAGE с результатами других экспериментов по регистрации солнечных нейтрино, а именно SNO (подземная установка в Канаде), Homestake (подземная установка в США) и KamLAND (подземная установка в Японии), позволило сделать дополнительные выводы. Были получены оценки, во-первых, величины потока рр-нейтрино, достигающих Земли в виде электронных нейтрино (электронный аромат) – $[(3,4 \pm 0,47) \times 10^{10} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}]$, во-вторых, полного потока нейтрино от рр-реакций в Солнце, достигающих Земли в виде различных ароматов (электронные, мюонные и тау-нейтрино), возникающих как результат осцилляции исходно электронных нейтрино – $[(6,0 \pm 0,8) \times 10^{10} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}]$.

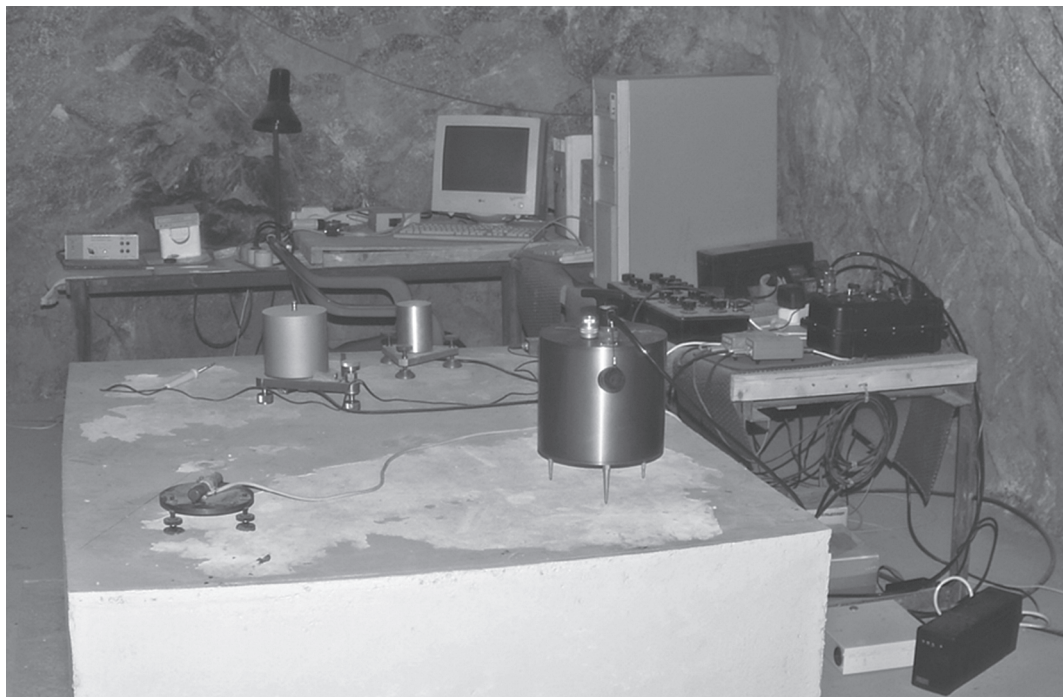
Экспериментально полученная величина полного потока нейтрино хорошо согласуется с величиной потока, предсказываемой CCM – $(5,95 \pm 0,06) \times 10^{10} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$.

УСТАНОВКА ОГРАН

В штольне “Главная” на расстоянии 1350 м от входа завершается создание подземного зала для **Оптоакустической гравитационной антенны (ОГРАН)**. В конструкцию ОГРАН заложены принципы, позволяющие без охлаждения вакуумированного акустического детектора массой около 1 т достичь чувствительности 10^{-18} по относительной деформации, достаточной для регистрации гравитационно-волнового излучения, порождаемого в моменты катастроф релятивистских астрофизических объектов в нашей Галактике и ее окрестностях (до 100 кпк). Работы ведутся совместно ИЯИ РАН и ГАИШ МГУ, их окончание запланировано на 2011 г.

ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Параметры окружающей среды в подземном комплексе помещений отличаются высокой стабильностью. Уровни вибрационных и акустических шумов многократно снижены по сравнению с поверхностью. Это



Комплекс геофизических приборов, размещенных в геофизической лаборатории № 1.

создает чрезвычайно удобные условия для проведения различного рода геофизических измерений и обеспечивает их высокую чувствительность. Ценность таких исследований не только в фундаментальной составляющей. Получаемые данные позволяют отслеживать обстановку в глубинных слоях Земли в окрестностях спящего вулкана Эльбрус и прогнозировать возможные изменения его состояния.

В настоящее время в штольнях находятся **геофизические установки:**

- высокочувствительный деформограф ГАИШ МГУ на основе большебазового лазерного интерферометра размещен на расстоянии 530–610 м от входа в штольню “Главная”;

- ближний геофизический комплекс ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН (наклонометры, магнитные вариометры, сейсмостанция) установлен на расстоянии 1520 м от входа в штольню “Главная” в геофизической лаборатории № 1;

- дальний геофизический комплекс ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН (наклонометры, магнитометры, гравиметр, термометры) и сейсмостанции Геофизической службы РАН расположен

на расстоянии 4 тыс. м от входа в штольню “Вспомогательная” в геофизической лаборатории № 2.

В целом работы на всех установках Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН проводятся в тесном сотрудничестве с рядом отечественных и зарубежных научных организаций: Кабардино-Балкарский государственный университет, Южный Федеральный университет, Харьковский национальный университет, МИФИ, НИИЯФ МГУ, ГАИШ МГУ, ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН, ИЗМИРАН, Полярный геофизический институт РАН (Апатиты), Геофизическая служба РАН, Институт астрономии РАН, ОИЯИ, междуна-

родная коллаборация "GERDA", международная коллаборация "EMMA", Польский Институт ядерных проблем (лаборатория космических лучей, г. Лодзь). Это значительно повышает

эффективность использования уникального для нашей страны специализированного низкофонового подземного комплекса установок Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН и

подтверждает его высокий научный потенциал для проведения исследований при решении широкого круга различных задач современной науки.

Информация

Академик Р.А. Сюняев – профессор Принстона

Принстонский институт высших исследований (США), основанный в 1930 г., 17 августа 2010 г. избрал профессором Отделения естественных наук главного научного сотрудника ИКИ РАН и директора Института астрофизики Общества им. Макса Планка (Германия) академика Р.А. Сюняева. Рашид Алиевич работает в области космологии и релятивистской астрофизики. Достигнутые им результаты исследований получили признание специалистов во многих странах. В частности, Р.А. Сюняев совместно с доктором физико-математических наук Н.И. Шакурой создали модель аккреционных дис-



ков, описывающую падение вещества на черные дыры и нейтронные звезды. Работы академика Я.Б. Зельдовича и Р.А. Сюняева имеют важное значение для понимания эволюции и структуры Вселенной.

Рашид Алиевич уделяет большое внимание развитию исследовательских способностей наиболее многообещающих молодых астрофизиков из разных стран. Известно, что Р.А. Сюняев подготовил немало моло-

дых российских ученых к научной работе в различных областях астрофизики. Эта сторона деятельности Рашида Алиевича близка к научно-педагогической программе Института.

Принстонский институт высших исследований по праву считается одним из наиболее престижных научных учреждений мира. Здесь работали величайшие физики и математики XX в. Альберт Эйнштейн, Курт Гедель, Джон фон Нейман, Роберт Оппенгеймер, Юджин Вигнер. Сейчас в Институте работают 28 профессоров, известных своими результатами во многих областях науки от математики до молекулярной биологии и от истории до экономики. Быть профессором Института – большая честь для современного ученого.

Пресс-релизы Роскосмос
и ИКИ РАН,
18 августа 2010 г.

Планетарии России

Большой Московский планетарий был возведен в 1929 г. и оказался тринадцатым в мире. Он долго оставался единственным на шестой части суши и флагманом российской планетарской

эскадры, в его кружках воспитана целая плеяда астрономов. Первый отряд космонавтов, в том числе Ю.А. Гагарин, посещал лекции по астронавигации, и этим Московский планетарий внес

свою лепту в первые полеты человека в космос. До Великой Отечественной войны была попытка создать планетарий в Ленинграде. Убийство С.М. Кирова, репрессии, война, блокада и раз-



Московский планетарий до временного закрытия в 1994 г.

руха не позволили осуществить задуманное. Перед войной открылся небольшой планетарий в городе Донском Тульской области, который сейчас не работает.

* * *

В послевоенные годы планетарии вовсе не были первой необходимостью. Тем не менее в 1948 г. они открылись в Горьком, Саратове, Томске и Ярославле. Нужно подчеркнуть, что эти планетарии именно открылись, а не были возведены: под них не без напряжения сил при минимуме финансовых затрат приспособили культовые здания, а вместо дорогостоящих немецких проекторов использовали упрощенные аппараты, изготовленные в мастерских того же Московского планетария. Первые лекции во всех этих планетариях прочитал в торжественной обстановке первый директор Московского планетария К.Н. Шишковский. Эти четыре планетария появились с мая по ноябрь, их можно считать планетариями “второй волны”. В 1950 г. открылся (тоже в культовом здании) планетарий в далеком Барнауле, а затем планетарии стали появляться в самых разных городах европейской части нашей страны, в местах массового отдыха, в Западной Сибири и на Дальнем Востоке.

Пример Московского планетария оказался разительным.

На 1950–1960 гг. пришелся пик открытия планетариев в России – в среднем по паре ежегодно. А в последнюю треть века – всего по одному за два года. Вопреки мировой практике одновременно росло число закрывающихся планетариев. Возникновение любого планетария – это результат подвижничества и изобретательности местной творческой интеллигенции и любителей астрономии.

Большинство планетариев размещены в церквях, мечетях, музеях, Домах культуры, пионеров, офицеров, в помещениях станций юных техников. Под Санкт-Петербургский приспособлен бывший Народный дом в Александровском парке, хотя северная столица достойна большего. Фасад хорошо запоминаем, но внутренние помещения крайне неудобно спланированы.

В силу особенностей разных зданий планетарии сами по себе – очень разные, с разным набором разновеликих помещений и, соответственно, функций, но все они обладают одним исключительным качеством: их зрительные залы имеют экраны в форме куполуполусферы, позволяющей создавать у зрителя эффект присутствия под звездным небом. Такого

эффекта не создают на плоских потолках компьютерные программы – “домашние планетарии”. Ресторан “Транс-Форс”, построенный в Казани к 1 сентября 2009 г. и позиционирующий себя как планетарий, при всех своих замечательных возможностях тоже таковым не является, так как его просторный цилиндрический экран размещен на стене.

Какими планетарии вообще должны быть? Сколько их нужно? В настоящее время во всем мире их около 4 тыс., большинство – малые и даже самые малые. Есть и совершенно необычные случаи приспособления зданий, из которых самым любопытным представляется использование старинной водонапорной башни в Гамбурге (Германия). Некоторые большие заморские планетарии отличаются причудливой архитектурной формой. В Валенсии (Испания), например, возведен планетарий в виде раскрытого глаза.

В России запоминающимися архитектурными доминантами являются пока лишь Московский, Волгоградский, Нижегородский, а также планетарий Музея истории космонавтики в Калуге.

Специально построенные, встроенные или пристроенные здания получили планетарии Дворца творчества молодежи и Культурного центра



Планетарий Государственного музея истории космонавтики Министерства культуры РФ. Калуга.

Вооруженных сил в Москве, Центра подготовки космонавтов в Звёздном городке, Волжской академии инженеров водного транспорта в Нижнем Новгороде, Саратовский,

Томский, Новороссийский и Пензенский. Счастливыми можно назвать еще типовые парковые планетарии в Новокузнецке, Перми и Уфе. Итого – всего треть.



Планетарий Культурного центра Вооруженных сил РФ. Москва.

Научно-исследовательская лаборатория экспериментального проектирования жилых и общественных зданий Одесского инженерно-строительного института выпустила “Рекомендации по проектированию планетариев и массовых астрономических обсерваторий” (М.: Стройиздат, 1988). Стостраничная монография появилась довольно поздно, да и странно, что вообще появилась. В ней много любопытного и полезного о выборе местности, проектировании, конструктивных решениях, материалах, технологиях. Предложена примерная номенклатура типов планетариев и их комплексов, согласно которой большие планетарии с диаметром купола 23–25 м и с обсерваторией рекомендованы для крупнейших городов с населением свыше 500 тыс. жителей. Планетарий с куполом 8 м без обсерватории рекомендован для сельских населенных пунктов с населением всего до 50 тыс. жителей. По этим рекомендациям в одной Московской области должно быть до сотни планетариев, а во всей России – 2–3 тысячи, не считая десятков тысяч обсерваторий, отдельно стоящих или размещенных на крышах учебных заведений. Скажете, перебор?

Давайте посчитаем пока без Московского.

Сейчас в России работает два больших планетария – в Волгограде и Санкт-Петербурге (с куполом-полусферой диаметром более 23 м) в сумме на 900 посадочных мест, один средний, Нижегородский (с диаметрами 16,6 и 5 м), всего на 210 мест, 23 малых (с диаметром 8–12 м) на 2330 мест и 16 самых малых (с диаметром 4–6 м) на 520 мест. В США их скоро будет полторы тысячи – 40% имеющихся в мире. Там распространены малые школьные и университетские планетарии.

Мы пытались выяснить, сколько же всего было в России планетариев. На наш запрос в свое время фирма “Carl Zeiss Jena” ответила, что поставила в СССР около сотни проекторов, но конкретных адресатов назвать не смогла: заказывали ведомства. Сколько же упрощенных проекторов изготовил Московский планетарий? Его архивы, видимо, не сохранились. Бывший его директор К.А. Порцевский такой информацией не располагает, недавно ушедший из жизни главный специалист С.В. Широков после размышлений назвал кажущуюся завышенной цифру в 50 проекторов. Правда, на рубеже веков в Москве изготовлено еще несколько упрощенных проекторов “Элайн”. Сколько же всего импортных и упрощенных



Пермский муниципальный планетарий паркового типа.

отечественных проекторов поступило именно в нашу страну?

Из этих 150 проекторов на территории России в разное время должно было действовать не менее половины. Мы имеем сведения о более чем 60 публичных и учебных планетариях. Треть их (нам известно о 23) закрылись или погибли, некоторые в буквальном смысле: например, Воронежский сгорел в парке вместе с документацией, проектор Челябинского после закрытия сгорел в каком-то гараже и т.д. Попали под удар реформ, происходящих в последние годы, планетарии, размещенные в культовых зданиях. В местах массового отдыха уцелел лишь Новороссийский, восточнее Новокузнецка не осталось ни одного.

В 1994 г. закрылся даже Московский. После реконструкции роскошно обновленный Московский планетарий планируется открыть в апреле 2011 г.

Сейчас в России работают 42 стационарных планетария не более чем на 4 тыс. мест. Наверняка имеются еще “неопознанные” объекты где-то “в глубинке” или учебных заведениях. Недавно благодаря Интернету обнаружили планетарии в городах Серове (Свердловская область), Лыткарине (Московская область) и Калининграде. Вышеприведенная цифра – как бы “плавающая”, но красноречиво говорящая о том, что за последние 80 лет относительное число российских планетариев в мире сократилось почти на порядок: с 8 до 1%.



Государственное унитарное культурно-просветительское предприятие "Волгоградский планетарий".

В Центральном федеральном округе их сейчас 15, Приволжском – 11, Северо-Западном – 5, Южном – 3, Уральском – 2, Сибирском – 6, Дальневосточном – 0 (!). Планетарии России следовало бы внести в Красную книгу.

Американцы оценивают свою ежегодную планетарскую аудиторию в 26 млн зрителей. Все отечественные планетарии при трех ежедневных с аншлагом сеансах могут принять максимум 3–4 млн посетителей в год. Ну, а если не три сеанса и без аншлага?

* * *

Областные, муниципальные, общественные,

учебные планетарии оказались в правовом поле самых разных федеральных ведомств, причем не только культуры (музеи, парки, Дома культуры) и образования (школы, лицеи, Дворцы пионеров, станции юных техников), но и специального образования, Минобороны, а также общества "Знание". Единого положения о планетарии просто нет, они финансируются полностью или частично из местных бюджетов. Самый последний документ, посвященный планетариям, "Положение о нормах чтения лекций в планетариях и о порядке выплат гонорара за лекции", утвержден заместителем мини-

стра культуры РСФСР 13 июля 1958 г., то есть более полувека назад. С тех пор планетарии, являющиеся уникальными учреждениями, подгоняются под стандарты типовых Домов культуры и клубов.

Оценить качество и эффективность деятельности того или иного планетария затруднительно. Проще всего оценить количественные показатели. Наибольший вклад вносит Санкт-Петербургский планетарий – четверть миллиона зрителей в 2008 г. Большому государственному унитарному культурно-просветительскому предприятию "Волгоградский планетарий", видимо, нечем похвастаться, и он не отзывается на анкетирования, проводимые Ассоциацией планетариев России. Оба великана явно не испытывают хлопот с аншлагами из-за устаревающей техники, а Волгоградский (дар ГДР) просто великоват для города-миллионника при оскудевшем потоке туристов. Так что на второе место по общему вкладу перемещается средний Нижегородский: 105 тыс. зрителей в год. Среди малых планетариев первых мест достойны Барнаульский и Пермский, стабильно обслуживающие по 100 тыс. зрителей ежегодно. В тройке сильнейших вполне может быть назван Смоленский (60 тыс.). Весьма ощутим

вклад Брянского и Уфимского планетариев (по 50 тыс.).

Главная привлекательность планетария – полнокупольное изображение. Цейсовские оптико-механические проекторы ZKP-1 (их 18) и более поздние модели – ZKP-2, -3 и -4 (их 9) обеспечивают на полусфере хорошее звездное небо. Но самодельные упрощенные проекторы (их 8) показывают звезды только до 3^м, и то в виде “хлопьев”. Эти аппараты могут показывать лишь статичное небо разных широт в разное время суток и года. При этом дополнительные эф-

фекты часто создаются оптико-механическими слайд-проекторами, “музейными” оптическими или даже какими-либо самодельными устройствами. Иными словами, техническая оснащенность многих наших планетариев – самая разная и потому качество образовательных программ тоже разное, хотя в планетариях работают увлеченные люди, мастера художественного слова и знатоки психологии зрителя. Все они трудятся не за страх, а за совесть, средняя зарплата в разных планетариях колеблется от 4 до 14 тыс. рублей и больше зависит

от местных возможностей, чем от качества лекций.

Эффективность можно было бы прикидывать в пересчете на затраченные ресурсы, скажем по числу зрителей на стоимость основных средств или на “душу” персонала. В последнем случае Санкт-Петербургский недотягивает (более 20 тыс. зрителей на душу). Поэтому он единственный на полном хозрасчете и, видимо, приносит выгоду своему учредителю – региональной и городской организации общества “Знание”. Среди малых планетариев лидируют планетарии школы № 27



Планетарий Кемеровского государственного университета с проектором ZKP-2.



Санкт-Петербургский планетарий региональной и городской организации общества "Знание".

г. Кирова (4,6 тыс. посетителей), Ярославля (4,4 тыс.) и того же Барнаула (4 тыс.).

По добровольным анкетным данным трудно судить достоверно. Но уклонение от анкетирования говорит о каких-то внутренних проблемах. Кроме Волгоградского в анкетировании упорно не участвуют планетарии Муром (Владимирская область), Новороссийска, Тулы и Владикавказа. Последний, занимающий мечеть, 1 октября 2009 г. был закрыт якобы на ремонт и с тех пор не

работает и не ремонтируется.

* * *

В 1994 г. для сплочения планетариев перед лицом перемен была учреждена Ассоциация планетариев России. Тогда возникла острая необходимость остановить процесс закрытия планетариев, наладить их взаимодействие и обмен опытом в условиях ухода общества "Знание" с кураторской роли. Космонавт Г.М. Гречко стал первым президентом, а затем Почетным пре-

зидентом Ассоциации. В 2009 г. действующим президентом единогласно избран директор ГАИШ МГУ академик А.М. Черепашук. Председатель Правления почти беспрерывно – З.П. Ситкова (Нижегородский планетарий). Этот планетарий Ассоциация и утвердила своим оргметодическим центром. Правление Ассоциации считает одной из своих задач содействовать приумножению и модернизации сети планетариев в России. Эта задача выполнялась с переменным успехом.

Решающее значение всегда играют местные инициативы, прежде всего руководителей планетариев и научной общест-венности. Процессу закрытия планетариев теперь удастся противо-поставить хотя бы обще-ственный контроль.

С 1996 г. Ассоциация планетариев России не-однократно обращалась в высшие органы власти, вплоть до Президен-тов РФ. Обращение к Д.А. Медведеву имело прежний результат на новый лад: в апреле 2008 г. Минобразование отписало, что деньги на многие годы поделены, но возможны варианты на конкурсной основе. Появился шанс хотя бы ознакомить с пробле-мой, но и в этом случае можно биться головой о стену еще десятилетия. Предложенный проект федеральной программы "Планетарии России" был ориентирован на закупку импортного дорогостоя-щего оптико-механи-ческого оборудования, поскольку своего такого нет. Требовалась сумма, видимо, неподъемная для системы образова-ния страны. Ее можно изыскать в рамках на-циональной или межве-домственной программы. Именно таким образом при государственной поддержке в США был протимулирован строи-тельный бум: планетарии открывались по сотне в год. В одном Нью-Йорке

их 127, то есть вдвое больше, чем во всей Рос-сии.

* * *

В нашей стране Мин-культ и даже Минобра-зование недооценивают роль планетариев, не проявляют к ним интере-са, общество привыкает к их отсутствию. Строи-тельство нового Ниже-городского планетария в 2005 г. имело прин-ципиальное значение. Нужно было отработать и реализовать его со-временную концепцию. В определенный момент руководство планетария стало перед очередным выбором. Ведь к тому моменту до 5% планета-риев планеты уже стали цифровыми. В конце XX в. цифровые техноло-гии (видео или лазерные) вызвали новую волну интереса к планетариям, в которых управляемые компьютером проекторы воспроизводят на купо-ле цветную "картинку" в динамике. Появилась возможность погрузить зрителя в любую точку Земли и Вселенной, в любую изменяющуюся среду или историческую эпоху.

Крайне важно было показать россиянам циф-ровую аудиовизуальную систему, но такие си-стемы производят всего несколько фирм в мире. Запрошенное коммерче-ское предложение фир-мы "Evans & Sutherland" (США) потянуло на пару

миллионов долларов. Совмещенное оптико-механическое/цифровое Цейса тем более было нереально. З.П. Ситкова, идеолог проекта, тогда директор Нижегородско-го планетария, вдохнови-ла нижегородскую фир-му "Аргус" на разработку малобюджетной системы визуализации. отече-ственная цифровая систе-ма визуализации "Аргус" была создана и показана в работе 3–4 октября 2007 г. Президент Меж-дународного общества Планетариев М. Джордж, посетив Нижегородский планетарий, признал эту систему одной из лучших в мире. В итоге Нижегородский планета-рий стал современным и многофункциональным, что как нельзя удачно для оргметодическо-го центра Ассоциации. Общие затраты в ценах 2005 г. (проектирование, строительство, закупка оборудования) составили всего 86 млн рублей.

Многочисленные гости неоднократно положи-тельно оценивали новые возможности цифровой системы и пример вновь оказался заразительным. В ряде городов России (Владивостоке, Влади-мире, Йошкар-Оле, Каза-ни, Новосибирске, Росто-ве-на-Дону, Ярославле) сейчас с разным успехом возводятся, проектиру-ются или планируются новые планетарии. Все они ориентируются на цифровые системы. Пла-



Нижегородский муниципальный планетарий. 4 октября 2007 г.

нетарии в Калуге (2009 г.) и Новокузнецке (2010 г.) уже смогли установить у себя совмещенные оптико-механические/цифровые системы Цейса. В Подольской школе № 29 Московской области в 2009 г. появился первый школьный цифровой планетарий, причем опять же импортный (Земля и Вселенная, 2010, № 2). Зарубежные производители рвутся на пустой российский рынок.

Оптико-механические системы достигли вершины своей эволюции в прошлом веке. Цифровые же дают небезупречное звездное небо. Но они стремительно развиваются и их возможности далеко не исчерпаны. Теперь требуются поправки в проект национальной программы развития

сети планетариев. Прежняя требовала порядка 6 млрд рублей. Перерасчет с учетом появления отечественных систем визуализации снизит требуемые затраты по меньшей мере вдвое: стоимость оптико-механического оборудования всегда была сравнима со стоимостью строительных работ.

* * *

За последнюю пару лет в России возникли десятки мобильных цифровых планетариев, но их число, локализация и просветительский уровень пока неизвестны. Кажется, что прогресс вот-вот обгонит на крутом повороте. Заглядывая в будущее, специалисты в области дидактики говорят о необходимости

создавать планетарии в школьных кабинетах физики и астрономии. Попытки реализовать эти идеи предпринимались давно (Е.П. Левитан. "Методика преподавания астрономии в школе". М.: Просвещение, 1965, с. 74–77). В попытках угадать развитие дидактической мысли можно предположить вероятность превращения в планетарий любого школьного кабинета. Но школьные и мобильные планетарии – всего лишь прокатные пункты, и сами не могут и не должны создавать цифровые программы, хотя остро в них нуждаются. Нижегородский планетарий, изначально нацеленный на создание таких отечественных программ по астрономии и космонавтике, в сентябре 2009 г. продемонстрировал фрагмент своей программы на фестивале "DomeFest" в Альбукерке (США). Новые содержательные программы нужны как воздух и проблемы у всех производителей общие: в идеале для их разработки требуются "голливуды".

Даже мы, посвященные, немало сделавшие и не во всем удовлетворенные свершенным, озадаченно наблюдаем визжащих от восторга пятиклашек, когда из темноты зрительного зала вдруг зависают над их головами поочередно Венера, Марс, Юпитер

или красавец Сатурн пронзает своими кольцами полнеба. Чудо! Учение увлечением – мечта педагога!

* * *

Как будет обстоять дело с Московским планетарием после его возрождения в начале 2011 г.? Будем надеяться на его новое великое будущее при солидном составе научного совета во главе с ректором МГУ В.А. Садовничим. Летом 2009 г. из нового устава Нижегородского планетария исчезло слово “образовательное”, что превратило его как бы в обычное муниципальное учреждение культуры, хотя он всегда был учебным. Полбеда, если то был результат невинной простоты чиновника. Но кто-то всерьез озабочен “досуговой” проблемой, а для коммерции соблазнительны новые возможности. Нужны гарантии и стимулы развития. Национальная программа развития сети

планетариев по-прежнему актуальна и должна бы включать разработку правовых аспектов их деятельности. Хорошо бы определить все-таки, что такое планетарий в принципе: образовательное или просветительское учреждение, театр, клуб или, как в Волгограде, предприятие? Нужно внести их в номенклатуры учреждений ведомств, разработать категоричность, образовательные стандарты и нормы, выдавать лицензии, наконец. Планетарии важно легализовать.

Какой же должна быть сеть планетариев в России? Всегда разнообразной и всем доступной. Ну, а прямо сейчас? Райцентры и малые города в зависимости от величины и населенности местности могли бы иметь или пока не иметь малый планетарий, но хотя бы один самый малый в одной из школ, да еще с мобильным для деревень – обязательно! Возможности школь-

ных планетариев могут поразить воображение. Большие города должны, видимо, иметь средние планетарии с необходимыми функциями. Но в таких городах есть университеты, много школ, и соотношение размеров, набора функций и числа мобильных, школьных и муниципальных планетариев – тонкий вопрос, который оптимально решится не сразу. Средний планетарий, активно обслуживающий область, должен бы быть в ведении субъекта федерации. Но планетарии центров федеральных округов должны бы стать чуть ли не федеральными, поскольку им предстоит превратиться в оргметодические центры в этих округах. Самая сложная функция – создание шоу-программ – пока будет по плечу только отдельным планетариям. И вряд ли когда многим.

*В.В. БЕЛОВ,
секретарь Правления Ассоциации планетариев России
Нижегород*

КОСМОНАВТИКА КИТАЯ

Буквально на наших глазах Китай превратился в одну из ведущих космических держав. Он стал третьей в мире страной, осуществившей пилотируемый космический полет (2003),

и четвертой, создавшей искусственный спутник Луны (2007). Наряду с чисто прикладными космическими программами Китайская Народная Республика приступила к реализации

научных космических проектов. Каковы истоки китайского “рывка в космос”? Чего эта страна может добиться в космосе в ближайшие десятилетия и каковы ее планы?

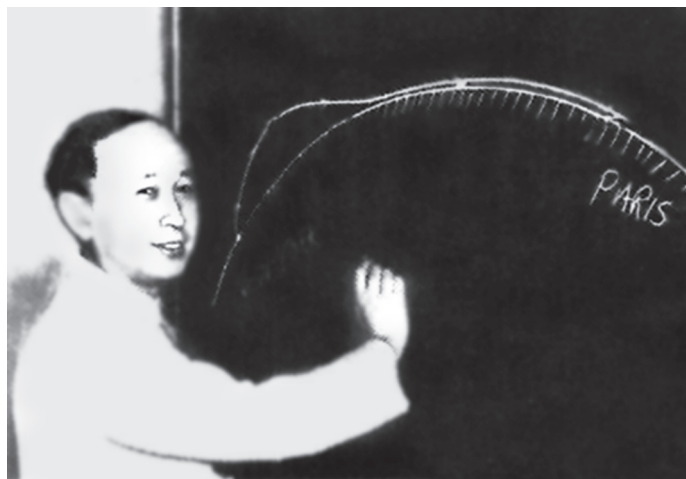
РОЖДЕНИЕ РАКЕТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Историю китайской ракетно-космической техники принято отсчитывать от 8 октября 1956 г., когда маршал Не Жунчжэнь основал Пятую академию Министерства обороны КНР, а “отец китайской ракетной техники” доктор **Цянь Сюэсэнь** (1911–2009) прочитал выпускникам ки-

тайских вузов лекцию “Введение в ракетную технику”.

Цянь Сюэсэнь – человек удивительной судьбы. Он родился в 1911 г. в Ханчжоу, в 1934 г. окончил Университет Цзяотун в Шанхае и продолжил образование в США. В 1939 г. он получил докторскую степень в Калифорнийском технологическом институте. В 1943 г. вместе со своим

учителем Теодором фон Карманом он подготовил доклад о германской ракетной технике и план создания американских ракет дальнего действия. Для реализации этого плана в 1944 г. в Пасадене была основана знаменитая Лаборатория реактивного движения (JPL), в которой Цянь возглавил секцию исследований и анализа и занимался проектированием ракет. В 1945 г. его включили в состав Научно-технического комитета ВВС США и командировали с американской технической комиссией в Германию изучать ракетную технику. Мало-



Основоположник китайской космонавтики доктор Цянь Сюэсэнь представляет проект пассажирской баллистической ракеты для полетов из Нью-Йорка до Парижа. 1949 г.



известный исторический факт: 5 мая 1945 г. Цянь Сюэсэнь допрашивал сдавшегося американцам Вернера фон Брауна. В 1946 г. в США под его редакцией вышел фундаментальный справочник «Реактивное движение».

Вернувшись на родину, Цянь предложил правительству Китая развернуть работы в области авиации и ракет большой дальности. В марте 1956 г. Госсовет КНР принял проект 12-летнего плана научно-технического развития страны, включая создание атомной бомбы и ракеты для ее доставки. 8 октября 1956 г. Сюэсэня назначили директором Пятой исследовательской академии Минобороны Китая, а 16 ноября 1957 г. — еще и головного исследовательского института по баллистическим ракетам. Эта дата считается днем рожде-

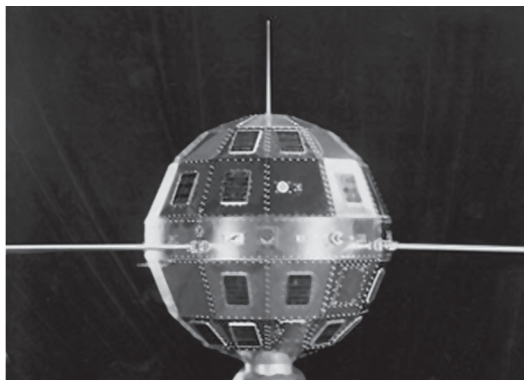
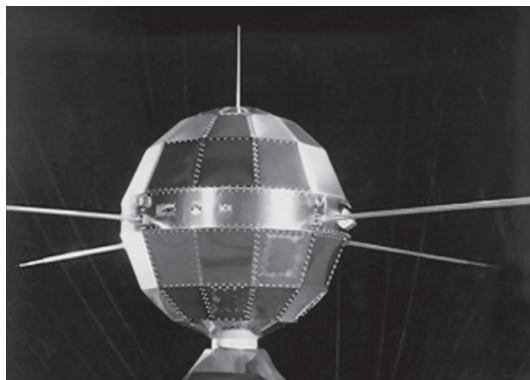
ния Китайской исследовательской академии ракет-носителей CALT (China Academy of Launch Vehicle Technology).

В рамках соглашения о военно-техническом сотрудничестве между СССР и КНР китайцам передали полный комплект технической документации и лицензию на производство баллистической ракеты Р-2 и агрегатов наземного оборудования к ней. 24 декабря 1957 г. в Пекин прибыл эшелон с двумя готовыми ракетами Р-2 и первой группой советских специалистов, за ней последовали другие. В апреле 1958 г. во Внутренней Монголии в районе города Шуанчэнцзы развернулось строительство первого китайского ракетного полигона **Цзюцюань** (известен также под названиями Чанчэнцзе, Шуанчэнцзы). В сентябре 1959 г. в Пеки-

Стартовая площадка первого китайского космодрома Цзюцюань с установленной РН «Чанчжэн-1» (CZ-1). 1970 г.

не вступил в строй завод по производству ракет. И предприятие, и полигон строились и оснащались с помощью советских специалистов.

10 сентября 1960 г. с полигона Цзюцюань была запущена баллистическая ракета Р-2, а 5 ноября — ее пекинская копия **«Дунфэн-1»** («Ветер с востока»). Последующие ракеты дальнего действия Китай создавал уже самостоятельно. 27 октября 1966 г. с Цзюцюаня по полигону Лобнор был проведен пуск ракеты «Дунфэн-2А» с ядерным зарядом — Китай обзавелся ракетно-ядерным потенциалом. 10 сентября 1971 г. со-



Первые китайские ИСЗ “Дунфанхун-1” и “Шицзянь-1”. 1970–1971 гг.

вершила первый испытательный полет первая китайская МБР “Дунфэн-5”, созданная на предприятиях 7-го министерства машиностроения КНР.

Полигон Цзюцюань впоследствии получил статус Центра космических запусков. До 1984 г. он оставался единственным китайским космодромом.

ПЕРВЫЙ СПУТНИК

17 мая 1958 г. на 2-й сессии VIII съезда Компартии Китая Мао Цзэдун провозгласил: “Мы тоже должны запустить спутник”. Однако в условиях экономического хаоса, ставшего следствием политики “большого скачка вперед”, реализация этой задачи оказалась невозможной.

В августе 1965 г. Госсовет КНР одобрил “проект 651” — под этим шифром

скрывалась программа создания национального ИСЗ. Сам спутник должны были спроектировать и изготовить в 651-м проектом институте Китайской АН. Проект ракеты-носителя “Чанчжэн-1” (“Великий поход”; “CZ-1”) грузоподъемностью 250 кг подготовили в Пекинском проектно-институте 7-го министерства машиностроения. Конструкторское бюро № 701 Исследовательской академии электронной техники проектировало наземные средства слежения и управления полетом. Запуск планировался на 1968 г.

Но уже летом 1966 г. Китай погрузился в пучину “великой пролетарской культурной революции”. Руководящие кадры в массовом порядке отправлялись “на перевоспитание”. Не избежал этой участи и Цянь Сюэсэнь, сменивший не по своей воле пост замминистра на место служащего машиностроительного завода, а директор 651-го института Чжао Цзюч-

жан, ошельмованный и лишенный всех своих постов, покончил жизнь самоубийством.

В мае 1967 г. премьер Чжоу Эньлай переподчинил ракетно-космическую программу Министерству обороны. В декабре Комиссия по оборонной науке и технике утвердила программу создания первого ИСЗ Китая “Дунфанхун” (буквально “Алеет восток” — название неофициального гимна, посвященного КПК), его главным конструктором стал Сунь Цзядун. 20 февраля 1968 г. для ускорения работ по спутнику была создана Китайская исследовательская академия космической техники CAST (China Academy of Space Technology), которую возглавил возвращенный из ссылки Цянь Сюэсэнь (в 1970–1976 гг. он курировал разработку МБР “Дунфэн-5” и руководил запусками ИСЗ “Цзяньбин”). В состав CAST включили 8-й и 651-й проектные институты и три завода научной аппаратуры.

Первая китайская ракета-носитель “Чанчжэн-1” (стартовая масса – 81,3 т при тяге четырехкамерного двигателя 1-й ступени 104 тс) была создана на базе двухступенчатой ракеты средней дальности “Дунфэн-4” с дополнительной твердотопливной ступенью.

24 апреля 1970 г. ракета “Чанчжэн-1” стартовала с полигона Цзюцюань и вывела на орбиту первый китайский спутник массой 173 кг. Внешне “Дунфанхун-1” представлял собой многогранник, близкий по форме к сфере диаметром 1 м, и очень походил на ранние американские спутники-ретрансляторы “Telstar-1”. С орбиты он передавал на частоте 20,009 МГц мелодию песни “Алеет восток”.

Второй и последний запуск РН “Чанчжэн-1” состоялся 3 марта 1971 г. с научно-экспериментальным спутником “Шицзянь-1” (“Практика”) массой 221 кг, также созданным в CAST под руководством Сунь Цзядуна. В отличие от китайского первенца, на 28 гранях корпуса второго спутника установили панели солнечных батарей. Благодаря этому аппарат работал в течение восьми лет (!), проводя измерения магнитного поля и теплового излучения Земли, космических лучей, рентгеновского излучения и физических параметров околоземного пространства.

ПЕРВАЯ ПИЛОТИРУЕМАЯ ПРОГРАММА

Китай, как до него СССР и США, планировал взяться вскоре после первого спутника за создание пилотируемого корабля. В июле 1967 г. 7-е министерство машиностроения и Китайская АН начали разработку проекта двухместного пилотируемого космического корабля “Шугуан-1” (“Рассвет”), который предполагалось запустить носителем на базе МБР “Дунфэн-5”.

1 апреля 1968 г. основан Китайский проектно-исследовательский институт космической медицины, на который возложили медико-биологическое обеспечение будущей пилотируемой программы. В январе – мае 1971 г. отобрали группу из 20 кандидатов в космонавты, и 23 мая 1971 г. вышел приказ о формировании Центра подготовки космонавтов. Первый полет планировался тогда на конец 1973 г. В ноябре 1971 г. кандидаты приехали на подготовку, но... она так и не началась. Незадолго до этого министр обороны КНР Линь Бяо предпринял попытку государственного переворота, а когда ее раскрыли, попытался бежать в Советский Союз и погиб 13 сентября при крушении своего самолета на территории Монголии. В обстановке хаоса, охватившей после этого военное ведомство, о ЦПК забыли. В мае 1972 г. ЦПК

прекратил существование, а несостоявшиеся космонавты разъехались по своим частям. Разработка корабля, по-видимому, продолжалась еще несколько лет, но в 1975 г. проект закрыли. Приоритет тогда отдали созданию прикладных спутниковых систем.

ВОЕННЫЕ ПРОГРАММЫ

В начале 1966 г. 8-му проектному институту в Пекине поручили проектирование возвращаемого спутника. Работы возглавил профессор Ван Сици. С 1968 г. проект “Цзяньбин-1” продолжался в рамках CAST, а в 1970 г. по предложению Чжоу Эньлая ему присвоили статус национального проекта. Первая половина 1970-х гг. в истории космической программы КНР прошла под знаком создания двух военных космических систем для фотографической и радиотехнической разведки, “Цзяньбин” (“Дозор”) и “Чанкун” (“Небосвод”). Для запуска этих аппаратов разработали два носителя-близнеца: в Пекине – “Чанчжэн-2” (“CZ-2”), в Шанхае – “Фэнбао-1” (“Буря”; “FB-1”).

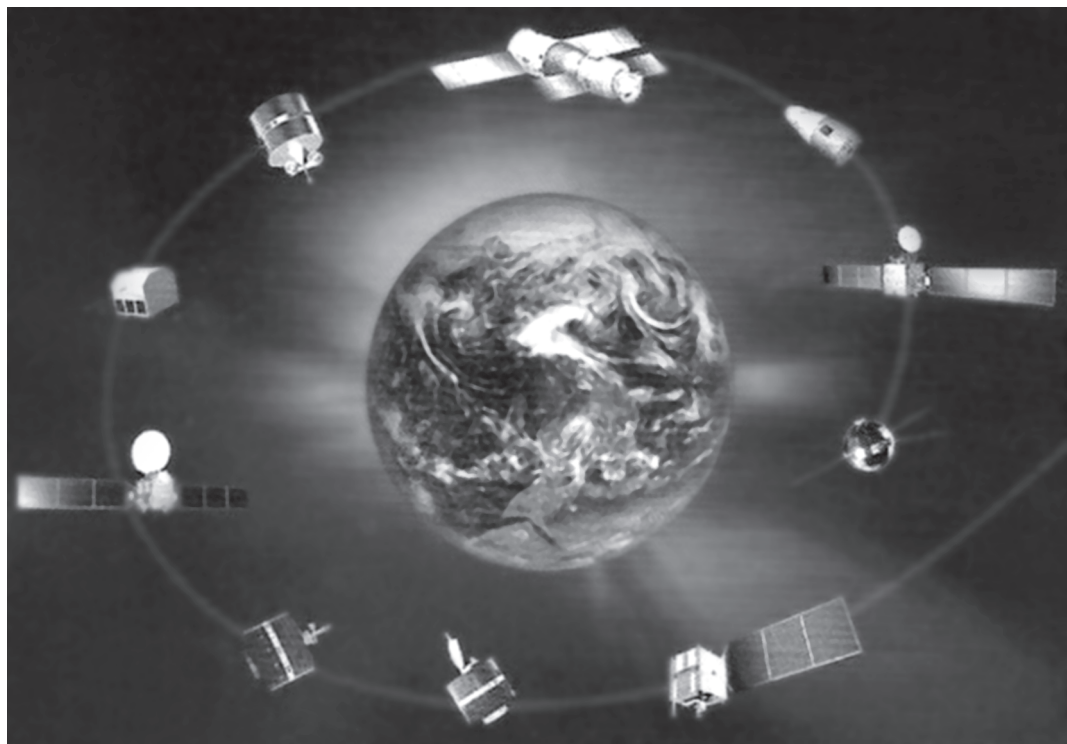
Двухступенчатый носитель “Чанчжэн-2” (стартовая масса – 180 т, грузоподъемность – до 2100 кг на низкой орбите) создавался в академии CALT параллельно с МБР “Дунфэн-5” и на ее основе. Первый запуск спутника “Цзяньбин-1”



Старт РН "Чанчжэн-2Ди" ("CZ-2D") с космодрома Цзюцюань. Фото CAST.

(масса около 1800 кг, длина – 3,144 м, диаметр – 2,2 м) состоялся 5 ноября 1974 г. и закончился аварией, второй (26 ноября 1975 г.) прошел успешно, а через трое суток возвращаемая капсула благополучно приземлилась на китайской территории. Так Китай стал третьей страной, решившей проблему ведения фотографической разведки и возвращения из космоса капсулы с ее результатами. Космические аппараты этого типа неоднократно модернизировались и запускались до 1993 г.

Второй военно-прикладной проект, "Чанкун", начали разрабатывать 31 октября 1969 г., когда Шанхайская электрическая компания получила задание на проектирование спутников радиотехнической разведки. На этом проекте "вырос" 509-й исследовательский институт спутниковой техники в Шанхае. Параллельно с августа 1969 г. в Шанхайском бюро астронавтики создавалась РН "**Фэнбао-1**" грузоподъемностью до 1500 кг. Первые ее пуски, 18 сентября 1973 г. и 12 июля 1974 г., закончились авариями, и лишь 26 июля 1975 г. ИСЗ "Чанкун-1" вышел на орбиту. В 1975–1976 гг. было успешно запущено еще два таких аппарата.



СПУТНИКИ НАУЧНОГО И ПРИКЛАДНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

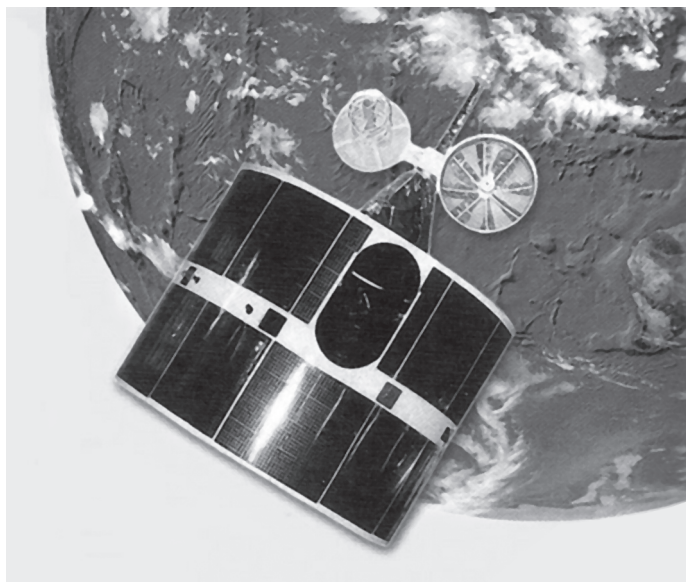
К апрелю 1972 г. относится начало работ по созданию в CAST и Институте космической физики научного ИСЗ **“Шицзянь-2”** массой 483 кг, диаметром 1,23 м и высотой 1,1 м. Предполагалось установить на нем 11 приборов и проводить исследования по восьми направлениям. Впоследствии решили запустить вместе с основным еще два спутника. Первый пуск такой “тройки” на ракете FB-1 (28 июля 1979 г.) закончился аварией, второй (20 сентября 1981 г.) оказался успешным.

В июне 1970 г., сразу после запуска первого ИСЗ, в CAST началось проектирование экспериментального связного геостационарного спутника **“Дунфанхун-2”**. 31 марта 1975 г. проект получил одобрение Госсовета и Главным конструктором назначили Суня Цзядуна. “Дунфанхун-2” (масса – 910 кг, длина – 3,1 м, диаметр – 2,1 м) создавался при техническом содействии европейских фирм и представлял собой стабилизированный вращением КА с двумя ретрансляторами диапазона С (6/4 ГГц) и ресурсом три года.

Для запуска спутников на геостационарную

Китайские спутники различного назначения и пилотируемые космические корабли, запущенные в 1970–2005 гг. Коллаж CAST.

орбиту потребовались новые космодром и носитель. В 1970–1982 гг. в горах провинции Сычуань построили второй космодром – Центр космических запусков **Сичан**. Ракета-носитель **“Чанчжэн-3”** (“CZ-3”) создавалась на базе двухступенчатого носителя CZ-2 с добавлением третьей ступени на кислородно-водородном топливе. Следует отметить, что Китай создал кислородно-



Метеорологический ИСЗ “Фэнъюнь-2”, запущенный с космодрома Сичан с помощью РН “Чанчжэн-3А” (“CZ-3A”) на геостационарную орбиту 8 декабря 2006 г. Рисунок CAST.

водородный двигатель YF-73 и криогенную ступень третьим в мире после США и Франции. Правда, первый пуск окончился неудачей, но стартовавший 8 апреля 1984 г. с космодрома Сичан второй “Дунфанхун-2” работал на орбите 4,5 года, обеспечив связь удаленные западные и юго-западные районы Китая. Модернизированные аппараты “Дунфанхун-2А” с четырьмя ретрансляторами и расчетным сроком службы четыре года запускались в 1988–1991 гг.

Одновременно силами CAST при участии германской фирмы MBV (ныне в составе EADS) и других европейских предприятий создавался спутник связи “Дунфанхун-3” массой 2320 кг с 24 ретрансляторами и рассчитанный на восемь лет работы. Для запусков

этих КА на базе носителя “Чанчжэн-3” разработали РН “Чанчжэн-3А” (“CZ-3A”) с новой криогенной третьей ступенью с двумя двигателями YF-75 общей тягой 16 тс.

Первый успешный запуск “Дунфанхун-3” состоялся 11 мая 1997 г. Впоследствии на этой платформе разработали и запустили спутники связи военного назначения “Фэнхо-1” (“Сигнальный огонь”) и “Шэньтун-1” (“Волшебная сила”), а также спутники “Бэйдоу” (“Северный ковш”) одноименной навигационно-связной системы.

Во второй половине 1974 г. предприятия Шанхайского бюро астронавтики (ныне Шанхайская исследовательская академия астронавтики SAST) получили задание на создание метеорологического спутника “Фэнъюнь-1” (“Ветер и

облако”). Параллельно в Шанхае создавался и новый носитель “Чанчжэн-4А” для запуска метеорологических ИСЗ и спутников исследования природных ресурсов Земли массой до 1500 кг на солнечно-синхронные орбиты. Стартовый комплекс построили на ракетном полигоне Учжай в северной провинции Шаньси, близ города Тайюань, который стали именовать Центром космических запусков **Тайюань**. 7 сентября 1988 г. Тайюань стал третьим космодромом Китая: ракетой “Чанчжэн-4А” запустили на орбиту высотой 900 км метеоспутник “Фэнъюнь-1А”. За ним последовали еще три аппарата.

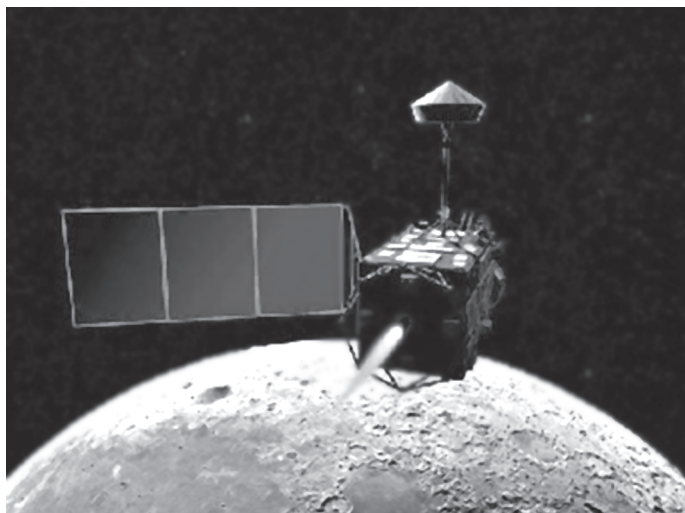
В 1990-х гг. в Пекине работали над созданием нового геостационарного метеорологического КА “Фэнъюнь-2”. Два экспериментальных аппарата были запущены в 1997 г. и 2000 г., а три штатных – в 2004–2008 гг.

В настоящее время Китай работает над созданием метеоспутников второго поколения. Первый полярный метеоспутник “Фэнъюнь-3”

Первая китайская АМС «Чанъэ-1», работавшая на орбите ИСЛ в 2007–2009 гг. Рисунок CAST.

запущен с Тайюаня в мае 2008 г. Создается и более совершенный геостационарный «Фэньюнь-4», однако первый из них будет запущен не ранее 2012 г.

Первый гражданский ИСЗ для исследования природных ресурсов Земли «Цзыюань-1» («Ресурс») по китайско-бразильской программе был запущен 14 октября 1999 г. ракетой «Чанчжэн-4В» и проработал четыре года. На смену ему 21 октября 2003 г. стартовал второй, а 11 апреля 2007 г. – третий. К этому направлению примыкают океанологические спутники «Хайян-1» («Океан»), которые обеспечивают определение цветности и температуры поверхности океана. 15 мая 2002 г. стартовал первый экспериментальный спутник массой всего 368 кг, второй был запущен 11 апреля 2007 г. и до сих пор проводит исследования. В рамках создания системы мониторинга чрезвычайных ситуаций 6 сентября 2008 г. запущены спутники «Хуаньцзин-1А и -1В» («Предупреждение») с четырехканальной аппара-



турой оптико-электронного наблюдения Земли с пространственным разрешением 30 м. В ближайшее время должен быть выведен на орбиту третий спутник системы – радиолокационный «Хуаньцзин-1С» с разрешением 20 м.

В апреле 2007 г. начались запуски спутников навигационно-связной системы второго поколения «Compass». Она должна стать китайским аналогом глобальных навигационных систем – российской ГЛОНАСС, американской GPS и европейской Galileo. Орбитальную группировку системы предполагается развернуть в два этапа в 2010–2020 гг. Она будет состоять из 35 КА, в том числе 24 на круговых орбитах наклонением 55° и высотой 21 500 км, пяти геостационарных спутников и трех аппаратов на геосинхронной наклонной орбите.

В последние годы в Китае создана серия малых экспериментальных спутников, включая микроспутники «Чуансинь-1» («Иновация»), «Таньсо-1» («Поиск»), наноспутник «Насин-1» и пикоспутник «Чжэдаписин». Создание их было поручено институтам Китайской АН и университетам, ранее не работавшим в космической области. 15 декабря 2009 г. запущен первый китайский студенческий радиолокационный спутник «Сиван-1» («Надежда»).

30 декабря 2003 г. и 25 июля 2004 г. запущены два спутника «Таньцэ» («Зонд») для исследования солнечно-земных связей, оснащенные научными приборами европейского и китайского производства.

24 октября 2007 г. стартовал первый китайский лунный КА «Чанъэ-1» («Лунная принцесса»), проводивший стерео-



Ракета-носитель “Чанчжэн-3Би” (“CZ-3B”) вывозится из монтажно-испытательного корпуса на стартовую площадку космодрома Сичан. Эта ракета запустила 30 октября 2008 г. первый спутник Венесуэлы “Венесат-1”. Фото “Тайкун таньсуо”.

съемку поверхности Луны, выполнял картирование элементного состава и изучение характеристик грунта с орбиты ИСЛ. После завершения основной и дополнительной программ исследования аппарат был сведен с окололунной орбиты 1 марта 2009 г. (Земля и Вселенная, 2008, № 2, с. 107; 2008, № 6, с. 104; 2009, № 4, с. 63).

На конец 2010 г. запланирован запуск АМС “Чанъэ-2”, которая помимо исследования с орбиты проведет эксперименты для будущей посадки на Луну. На втором этапе лунной программы пла-

нируется доставка лунохода, а на третьем – грунта с поверхности Луны на Землю.

В соответствии с китайско-российским соглашением спроектирован и изготовлен китайский субспутник “Инхо-1” (“Светлячок”) массой 110 кг для российской АМС “Фобос-грунт” (запуск в ноябре 2011 г.). На “Инхо-1” установят аппаратуру для регистрации плазмы, фотоприемник для наблюдения звезд сквозь атмосферу Марса, оптическую камеру, магнитометр.

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ КОСМОСА

Первый коммерческий запуск Китай произвел 7 апреля 1990 г., когда с Сичана на носителе “Чанчжэн-3” стартовал геостационарный ИСЗ связи “Азиасат-1”. Для запуска иностранных геостационарных КА использовались также носители “CZ-2E” и “CZ-3B”. Последний был создан для выведения наиболее тяжелых западных КА на базе ракеты “Чанчжэн-3А”, дополненной четырьмя жидкостными стартовыми ускорителями. Грузоподъемность “CZ-3B” при запуске на геопереходную орбиту достигает 5500 кг.

В 1997–1999 гг. специальным вариантом РН “Чанчжэн-2Си” (“CZ-2C”) с дополнительной ступенью были выведены на орбиту шесть пар американских спутников мобильной связи “Иридиум” (“Iridium”).

В 1998–2008 гг. в CAST была разработана современная мощная платформа “Дунфанхун-4” массой до 5200 кг, способная нести до 50 ретрансляторов. Эта платформа используется для создания телекоммуникационных КА как для китайских операторов, так и для зарубежных заказчиков. Первым “экспортным” спутником Китая стал “Нигкомсат-1”, изготовленный по заказу Нигерии, вторым – ИСЗ “Венесат-1” (Венесуэла).

Китайская пилотируемая программа была официально утверждена 21 сентября 1992 г. Было решено начать с создания одноразового трехместного корабля **“Шэньчжоу”** (“Волшебный челн”), напоминающего по компоновке наш **“Союз”**. **“Шэньчжоу”** имеет стартовую массу около 7800 кг при длине 9 м и диаметре спускаемого аппарата 2,5 м. Корабль комплектуется из четырех модулей: приборно-агрегатного отсека, спускаемого аппарата, орбитального модуля и установленного на нем специального отсека. При этом орбитальный отсек представляет собой самостоятельный КА, способный работать на орбите до 180 сут после отделения от спускаемого аппарата.

Для запусков **“Шэньчжоу”** создали усовершенствованный вариант РН **“Чанчжэн-2Е”**, получивший обозначение **“Чанчжэн-2Ф”** (**“СЗ-2Ф”**).

Отбор китайских космонавтов начался в 1995 г., а в январе – марте 1998 г. в отряд зачислили 14 кандидатов. В 1999–2002 гг. состоялось четыре беспилотных испытательных полета **“Шэньчжоу”**, а в 2003, 2005 и 2008 гг. – три пилотируемых (**“Шэньчжоу-5–7”**).

Ближайшей целью пилотируемой программы является запуск малой космической лабораторато-



*Пилотируемый космический корабль **“Шэньчжоу”**. В 1999–2008 гг. состоялось семь полетов этого корабля массой около 8 т. Рисунок CAST.*

рии **“Тяньгун-1”** (“Небесный чертог”, начало 2011 г.) и стыковка с ней беспилотного корабля **“Шэньчжоу-8”** и пилотируемых **“Шэньчжоу-9”** и **“Шэньчжоу-10”** (2011–2012 гг.). После этого будут проведены дополни-

тельные эксперименты с использованием малых станций **“Тяньгун-2”** и **“Тяньгун-3”**. На 2018 г. запланировано начало сборки на орбите постоянной космической станции из трех модулей массой около 20 т.



*Тайконавты Цзин Хайпэн, Чжай Чиган и Лю Бомин, совершившие полет 25–28 сентября 2008 г. на пилотируемом КК **“Шэньчжоу-7”**. Фото **“Тайкун таньсю”**.*

ВАЖНЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ КОСМОНАВТИКИ КИТАЯ

Дата запуска	Название КА	Цель запуска и результат
24.04.1970	“Дунфанхун-1”	Первый экспериментальный ИСЗ
3.03.1971	“Шицзянь-1”	Первый научный спутник. Работал в течение 8 лет
26.07.1975	“Чанкун-1”	Первый спутник радиотехнической разведки
26.11.1975	“Цзяньбин-1”	Первый возвращаемый спутник фоторазведки
20.09.1981	“Шицзянь-2”	Группа из трех научно-экспериментальных КА
8.04.1984	“Дунфанхун-2”	Первый геостационарный спутник связи
7.09.1988	“Фэнъюнь-1А”	Первый полярный метеоспутник
7.04.1990	“Азиасат-1”	Первый коммерческий запуск иностранного КА
29.11.1994	“Чжунсин-6А”	Первый геостационарный спутник типа DFH-3
10.06.1997	“Фэнъюнь-2А”	Первый геостационарный метеоспутник
14.10.1999	“Цзыюань-1” № 1	Первый совместный (с Бразилией) спутник для исследования земных ресурсов
19.11.1999	“Шэньчжоу-1”	Первый беспилотный полет космического корабля
1.09.2000	“Цзяньбин-3”	Первый спутник оптико-электронной разведки
30.10.2000	“Бэйдоу” № 1	Первый навигационно-связной спутник
15.05.2002	“Хайянь-1А”	Первый океанографический спутник
15.10.2003	“Шэньчжоу-5”	Первый пилотируемый космический полет (Ян Ливэй)
12.10.2005	“Шэньчжоу-6”	Второй пилотируемый полет, длительный полет экипажа (Не Хаишэн и Фэй Цзюньлун)
26.04.2006	“Яогань-1”	Первый спутник радиолокационной разведки
13.05.2007	“Нигкомсат-1”	Первый спутник, изготовленный и запущенный КНР для иностранного заказчика (Нигерия)
24.10.2007	“Чаньэ-1”	Первая АМС – искусственный спутник Луны
25.04.2008	“Тяньлянь-1”	Первый геостационарный спутник-ретранслятор
25.09.2008	“Шэньчжоу-7”	Третий пилотируемый полет, первый выход в открытый космос (Цзин Хайпэн, Чжай Чжиган, Лю Бомин)

Отметим, что обширная программа практического освоения космоса выполняется Китаем при весьма скромном количестве запусков. К середине 2010 г. Китай выполнил всего 136 пусков ракет-носителей со 173 космическими аппаратами. Лишь 10 пусков были аварийными (причем пять из них – за первое десятилетие программы).

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

С 2009 г. строится **Центр запуска спутников Вэньчан** – четвертый

китайский космодром, расположенный в районе города Вэньчан на северо-восточной оконечности острова Хайнань. Будущий космический центр по проекту займет территорию площадью до 30 км². Основные трассы выведения с Вэньчана проходят над морем, что снимает проблему полетов падения, которая в густо заселенном Китае имеет существенное значение. Близость к экватору обеспечивает преимущество при выведении спутников на геостационарную орбиту. Наконец,

прибрежное расположение космодрома дает возможность доставлять ракеты-носители морским транспортом, который наиболее дешев и не накладывает ограничения на максимальный диаметр ступеней.

На Вэньчане будут эксплуатироваться ракеты нового семейства **“Чанчжэн-5”** (“CZ-5”) на экологически чистом топливе. На центральном блоке диаметром 5 м и на боковых ускорителях будут устанавливаться кислородно-керосиновые двигатели YF-100



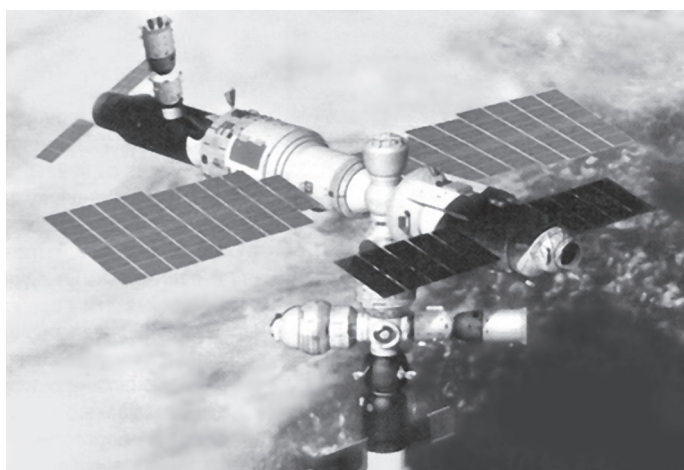
Расположение четырех китайских космодромов.

тягой 120 тс, а на верхней ступени – кислородно-водородные YF-77 тягой 50 тс. Грузоподъемность “СZ-5” составит до 25 т на низкую околоземную орбиту и 14 т на геопереходную орбиту. Производство этих ракет разворачивается на новом заводе в г. Тяньцзинь.

В 2008 г. впервые было официально объявлено,

что Китай рассматривает возможность создания сверхтяжелых носителей и организации лунной экспедиции. Решение об этом пока не принято, но места расположения космодрома Вэньчан и заво-

да в Тяньцзинь выбраны, очевидно, с учетом таких планов. Судя по уже объявленному плану создания в 2018–2023 гг. космической станции, китайская лунная программа, если она будет



Перспективная много-модульная пилотируемая станция. Предполагаемое начало ее сборки на орбите – 2018 г.

принята, вряд ли может быть осуществлена ранее 2030 г.

Перспективная китайская программа предусматривает, помимо этого, выполнение следующих прикладных и научных задач:

- развернуть систему наблюдения Земли высокого разрешения;
- создать полярные и стационарные метеорологические спутники нового поколения и спутники для исследования океана;

– развернуть систему малых спутников для экологического контроля, мониторинга, прогноза и предотвращения стихийных бедствий;

– создать новые типы КА дистанционного зондирования, включая аппараты для стереосъемки Земли;

– разработать геостационарные спутники связи непосредственного телевизионного вещания с длительным сроком активного сущест-

вования и высокой пропускной способностью;

– развернуть рабочую спутниковую навигационную систему;

– запустить спутники для отработки новых технологий, материалов, приборов и оборудования;

– создать серию космических обсерваторий для астрофизических исследований.

И.А. ЛИСОВ,

*обозреватель журнала
“Новости космонавтики”*

Информация

Этапы метеоритной бомбардировки Луны

Группа ученых из Лаборатории реактивного движения NASA, Университетов Брауна и Брука (Нью-Йорк) установила, что малые небесные тела бомбардировали поверхность Луны в два этапа. Анализировались данные, полученные с помощью лазерного альтиметра АМС “Лунный орби-

тальный разведчик” (“Lunar Reconnaissance Orbiter”; Земля и Вселенная, 2009, № 6, с. 99–101; 2010, № 2, с. 34–35). На основе измерений рельефа лунной поверхности построены подробная топографическая карта Луны и карта ее минерального состава. В частности, специалистам-планетологам удалось проанализировать строение нескольких сотен лунных кратеров. Луна по своей геологии различается на горные районы с анортозитовыми породами, богатыми кальцием и алюминием, и морские – с базальтовыми отложения-

ми, в которых преобладают железо и магний. Ученые пришли к выводу, что в прошлом было **два этапа** бомбардировки Луны. На первом этапе на ее поверхность падали крупные астероиды и другие малые небесные тела, на втором – более мелкие. По словам исследователей, новые результаты позволяют прояснить процессы, происходившие в Солнечной системе миллиарды лет назад.

По материалам
Университета Брауна и
NASA,

16 сентября 2010 г.

Шедевры астрономической техники XIX века

Г.И. ПИНИГИН,
доктор физико-математических наук
Научно-исследовательский институт
“Николаевская астрономическая обсерватория”,
Николаев, Украина

С.В. ТОЛБИН,
кандидат физико-математических наук
Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург

В статье изложена история создания и приведено описание четырех главных меридианных инструментов, установленных в Пулковской обсерватории к моменту ее открытия в 1839 г., а также трех меридианных инструментов Николаевской обсерватории (бывшего южного отделения Пулкова). Подчеркнута роль выдающихся российских астрономов

В.Я. Струве и К.Х. Кнорре в создании этих уникальных инструментов и дан обзор основных результатов наблюдений, полученных за полтора века. Отмечена значимость этих инструментов и идей, заложенных в их конструкцию, для развития астрономического приборостроения в XIX–XX вв. и для российской науки – астрономии, геодезии и картографии.

ЭПОХА РАСЦВЕТА АСТРОНОМИИ

С изобретением в 1609 г. Галилео Галилеем (1564–1642) телескопа, а еще через 100 лет с появлением меридианных телескопов для определения координат небесных светил (О.К. Рёмер; 1644–1710) стало возможным практическое решение наиболее актуальных задач астрономии. Возникла наука астрометрия – раздел астрономии, где рассматривается задача определения координат и собственных движений звезд, а также вывод астрономических

постоянных (прецессии, абберации, нутации). В конечном итоге современная астрометрия (иногда ее называют фундаментальной астрометрией, позиционной или меридианной астрономией) устанавливает основополагающую, фундаментальную систему координат в пространстве (Земля и Вселенная, 1983, № 3, с. 16–21; 2003, №№ 5, 6).

Расцветом астрономии можно считать XVIII–XIX вв., когда после эпохи Возрождения и в ходе технической революции создавались и совершенствовались угломерные инструменты,

в частности меридианные телескопы, позволившие определять координаты звезд с более высокой точностью (до $\pm 1-2''$) по сравнению с существовавшими ранее диоптрическими инструментами (армиллярной сферой, квадрантом, секстантом и другими, имевшими точность до $\pm 1-2'$). В астрономии начали применять все более совершенную оптику и механику для линзовых и зеркальных телескопов (рефракторов и рефлекторов); появились более точные измерительные устройства – окулярный регистрирующий микрометр, верньерное устройство для отсчета круга, пишущий хронограф, точные хронометры и маятниковые часы для хранения шкалы времени; пришло время для использования электричества и дагерротипии (фотографии). Техническое обновление в практической астрономии и геодезии привело к внедрению в практику наблюдений мобильных оптических телескопов и универсальных инструментов (малых пассажных инструментов и вертикальных кругов, теодолитов, нивелиров, мензул, кипрегелей и отсчетных микроскопов), а также точных перевозимых хронометров и часов. В это же время была создана теория учета ошибок инструментов для координатных измерений (Дж. Брайдлей, Т. Майер, Ф. Бессель).

Возникли оптико-механические предприятия по изготовлению астрономических и геодезических инструментов. Техническое совершенство астрономических инструментов совмещалось с элегантностью их классических форм. Во второй половине XVIII в. получили широкую известность телескопы Д. Доллонда (1758) и В. Гершеля (1773). В 1802 г. была основана фирма “Repsold”, впоследствии “Repsold & Soehne”, ставшая лидером в области астрономического и геодезического приборостроения. Отметим также известные в свое время фирмы “Reichenbach” (1804), “Reichenbach & Ertel”, “Fraunhofer & Utzschneider” (1814)

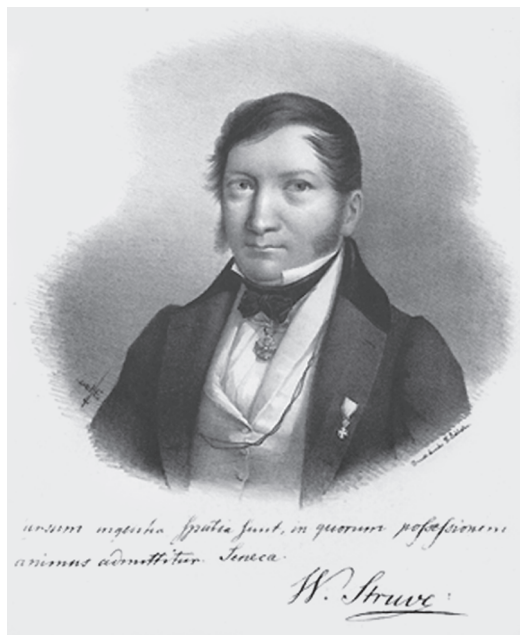
и “Carl Zeiss” (1846) – фирму, существующую и в наше время.

Развитие науки в эпоху Возрождения сопровождалось созданием центров образования, науки и культуры – университетов. Уже к XVII в. было основано около 100 университетов в Западной и Центральной Европе, многие из которых имели астрономические обсерватории. Крупнейшие профессиональные обсерватории того времени – Гринвичская (1675), Парижская (1703) и Пулковская (1839) – были оснащены разнообразными телескопами и инструментами наилучшего качества и точности. В этих и других астрономических обсерваториях использовались десятки телескопов меридианного типа, некоторые из них сохранились до наших дней. Сегодня они предоставляют историкам науки и исследователям уникальную возможность оценить тот технический уровень, который был доступен астроному-наблюдателю прошедшей эпохи.

В.Я. СТРУВЕ
И ГЛАВНЫЕ МЕРИДИАННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ
ПУЛКОВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

История создания знаменитых меридианных инструментов для Пулковской обсерватории началась почти на два десятилетия раньше, чем история самой Пулковской обсерватории, и связана она с именем выдающегося русского астронома и геодезиста, академика Петербургской АН *Василия Яковлевича Струве* (1793–1864).

Будучи еще студентом-филологом Дерптского университета, В.Я. Струве глубоко заинтересовался астрономией и принял участие в наблюдениях на только что построенной обсерватории Дерптского университета (1809). Им была выполнена сборка и установка заказанных ранее астрономических инструментов и проведено тщательное их исследование. В последующем интенсивная и чрезвычайно плодотворная научная и организационная



Академик Петербургской академии наук В.Я. Струве – основатель и первый директор Пулковской обсерватории.

деятельность В.Я. Струве на посту директора Дерптской обсерватории в 1817–1838 гг. позволили ему приобрести уникальные знания и ценный практический опыт.

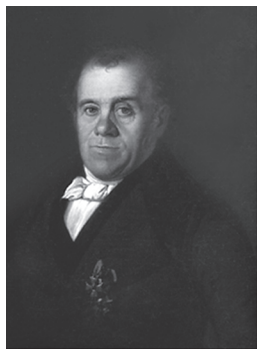
Свои поездки в 1814 и 1815 гг. на родину, в Германию, В.Я. Струве использовал для знакомства с выдающимися механиками и учеными. Он встретился в Гамбурге с И. Репсольдом, осмотрел его мастерские и обсерваторию, посетил Г.В. Ольберса, К.Ф. Гаусса, К.Л. Гардинга и молодого Ф.В. Бесселя в Кёнигсберге, с которым завязалась многолетняя дружба. Заказанные В.Я. Струве приборы и инструменты, вместе с уже имевшимся Меридианым кругом Рейхенбаха, послужили хорошей инструментальной базой для Дерптской обсерватории на многие годы ее деятельности.

Большие научные результаты, достигнутые В.Я. Струве, принесли ему известность и заслуженную славу –

награждение различными орденами и чинами, избрание в 1826 г. почетным членом Академии наук в Петербурге, а в 1832 г. – ординарным академиком (действительным членом) Петербургской академии наук.

15 апреля 1834 г., в день рождения В.Я. Струве, состоялась его аудиенция у императора Николая I, в результате которой вышел специальный указ царя: “Соорудить в окрестностях Санкт-Петербурга, на Пулковской горе, Главную астрономическую обсерваторию и снабдить ее полным набором совершеннейших инструментов”. Были утверждены предложенные В.Я. Струве устав и штат обсерватории, а также проект главного здания, созданный архитектором А.П. Брюлловым (1798–1877). В.Я. Струве назначили директором новой обсерватории, предоставив ему неограниченные средства для заказа наиболее совершенных инструментов, какие только лучшие мастера того времени были в состоянии изготовить и поставить. В июне 1834 г. В.Я. Струве отправился в Германию для заказа этих инструментов и обсуждения их конструкций с выдающимися мастерами-механиками (именовавшимися тогда “художниками”) Т. Эртелем, Г. Мерцем и братьями А. и Г. Репсольд.

Для решения основной цели, стоящей перед новой обсерваторией, – определения точных координат небесных светил и их собственных движений для составления звездных каталогов, которые с XIX в. и поныне являются фундаментом астрономии, В.Я. Струве предложил использовать новые принципы – раздельное определение абсолютных прямых восхождений и склонений звезд, а также независимое определение относительных координат звезд. Как показало время, такой подход полностью себя оправдал. В.Я. Струве был первым, кто отошел от традиции использования для решения астрометрических задач в основном только меридианных кругов.



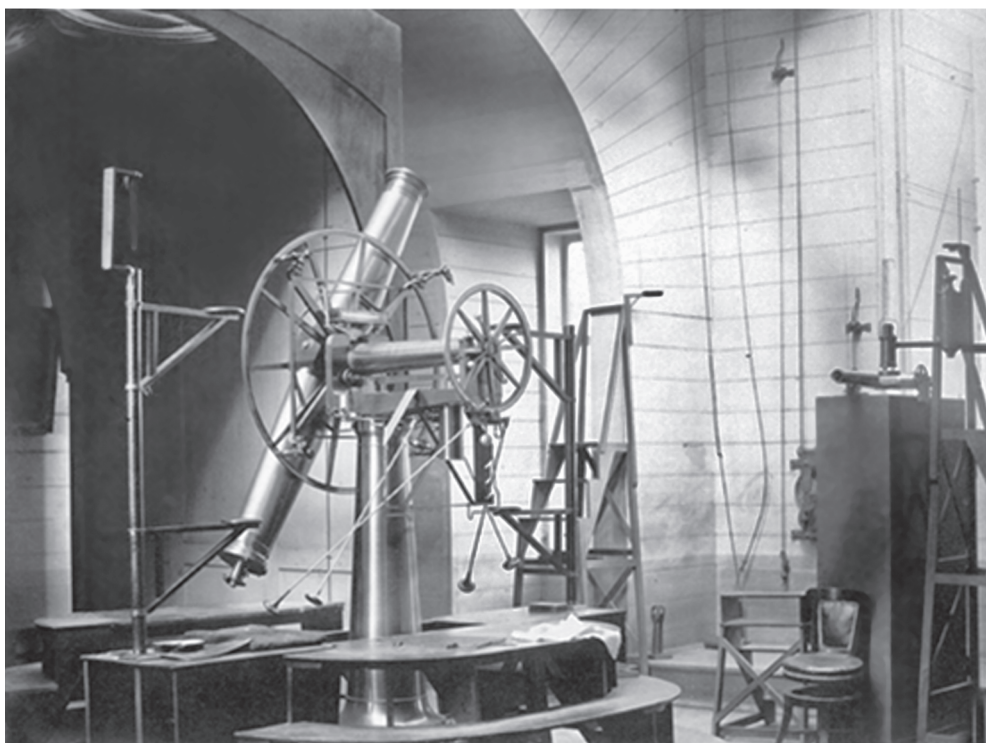
Знаменитые мастера-механики, создавшие астрономические инструменты для Пулковской и Николаевской обсерваторий, Т. Эртель, А. и Г. Репсольд, Г. Мерц. Портреты из собрания Астрономического музея Пулковской обсерватории. 1838–1940 гг.

В мастерских Мюнхенского механического института у знаменитого механика Т. Эртеля, руководившего мастерскими после смерти Х. Рейхенбаха, были заказаны два инструмента – **Большой пассажный инструмент** ($D = 150$ мм, $F = 2590$ мм), предназначенный для определения абсолютных прямых восхождений звезд, и **Большой вертикальный круг** ($D = 150$ мм, $F = 1960$ мм) – для определения абсолютных склонений звезд. **Меридианный круг** ($D = 150$ мм, $F = 2150$ мм, диаметр лимба – 1200 мм) для дифференциальных измерений и устанавливаемый в первом вертикале **Пассажный инструмент** ($D = 155$ мм, $F = 2350$ мм), который планировалось использовать для определения астрономических постоянных (абберации, нутации) и географической широты, были заказаны братьям А. и Г. Репсольд в Гамбурге. Необходимо также отметить заказ в Мюнхенском оптическом институте у Г. Мерца и Ф. Малера, приемников знаменитого Й. Фраунгофера, большого рефрактора с крупнейшим объективом ($D = 380$ мм, $F = 6900$ мм), который В.Я. Струве предполагал использовать для обзора всех звезд и наблюдений двойных звезд, а также заказ гелиометра с разрезным объ-

ективом ($D = 190$ мм, $F = 3000$ мм) у И. Утцшнейдера.

В.Я. Струве принимал непосредственное участие в конструировании и создании всех главных меридианных инструментов для Пулковской обсерватории.

Основные принципы, которые закладывались в конструкцию новых меридианных инструментов, – жесткость и взаимная неподвижность всех элементов, а также общая сбалансированность и симметричность инструментов; объектив и окулярная часть могли меняться местами, не нарушая равновесия инструмента. Обсуждая с Репсольдами конструкцию нового меридианного круга, В.Я. Струве предложил установить на инструмент не один, а два круга (для симметрии), разделив второй круг только через 1° ; сделать объективную и окулярную части взаимозаменяемыми, установить отдельно на специальной раме отсчетные микроскопы-микрометры и снабдить инструмент комплектом коллиматоров для контроля его устойчивости и поведения со временем. В конструкцию вертикального круга был заложен принцип быстрой перекладки инструмента, подобно астрономическому теодолиту, чтобы каждую звезду можно было наблюдать вблизи ее кульминации



Большой пассажный инструмент и Большой вертикальный круг Эртеля – Струве Пулковской обсерватории. Фото 1868 г.

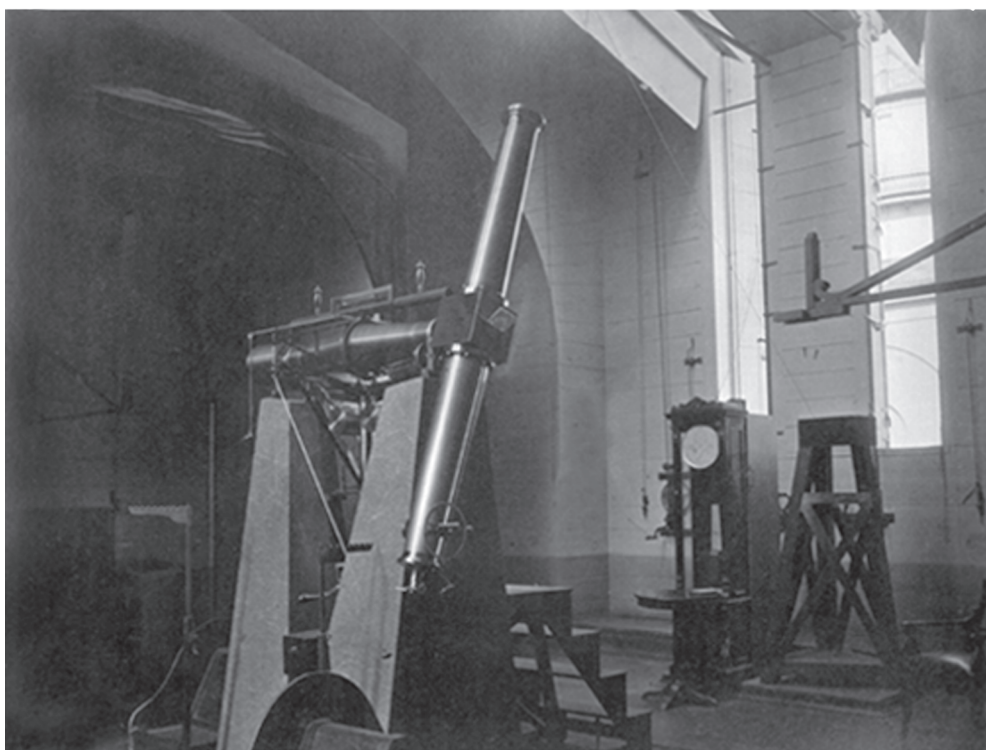
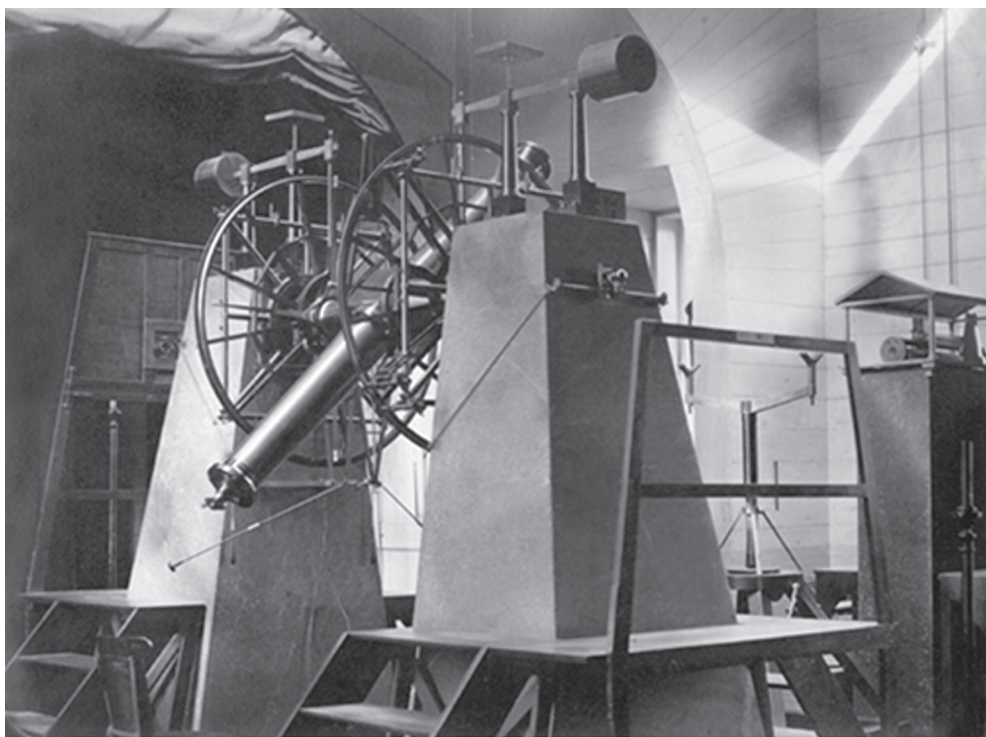
дважды. Трубы инструмента для придания им большей жесткости были сделаны не коническими, а эллиптическими в сечении. Большой вертикальный круг был снабжен разделенным через 2' крупным отсчетным кругом ($D = 109$ см) и микроскопами-микрометрами.

7(19) августа 1839 г. состоялось торжественное открытие Пулковской обсерватории, расположенной в 19 км от центра Санкт-Петербурга (долгота – $+30^{\circ}19,4'$; широта – $+59^{\circ}46,4'$, высота – 75 м; Земля и Вселенная, 1990, № 1). Главные меридианные инструменты были установлены в меридианных залах на массивных и сложных по конструкции кирпичных столбах, общая высота которых достигала 8 м, а их основания размером 3×12 м, представлявшие собой усеченные пирамиды, размещались в подвальной части здания. В Западном меридианном зале на специальные фундаменты были установлены Большой пассажный инструмент и Большой вертикальный круг Эртеля – Струве. В Восточном меридианном зале был поставлен Меридианный круг Репсоляда, а Пассажный инструмент Репсоляда в первом вертикале располагался в Южном павильоне, примыкавшем к Главному зданию с южной стороны. В Центральной башне Главного здания разместили 15-дюймовый рефрактор Мерца и Малера, а гелиометр – в его Восточной башне. По отзывам современников, главные меридианные инструменты Пулковской обсерватории по праву можно отнести к разряду шедевров астрономической техники XIX в.

По наблюдениям на этих меридианных инструментах (в XIX и XX вв.) были созданы знаменитые высокоточные абсолютные Пулковские каталоги звезд, составившие основу серии из **шести фундаментальных каталогов** – с первого (Pu45) по последний каталог (Pu30), и дифференциальные, в основном для сводных каталогов “Боннское обозрение неба” (“Bonner Durchmusterung” и серии AGK (Astronomische Gesellschaft

Katalog). В 1889 г. был опубликован первый дифференциальный каталог, выполненный в 1841–1869 гг. на основе 15,4 тыс. наблюдений звезд до 7^m и применявшийся для определения собственных движений звезд и вывода новых значений прецессии и параметров движения Солнца. Астрометрические наблюдения на Меридианном круге Репсоляда выполнялись в Пулковской обсерватории в течение почти 100 лет. Это один из известных и основных меридианных инструментов, который использовался при создании сводных каталогов и карты звездного неба, а также Каталога геодезических звезд.

После Великой Отечественной войны начались восстановление и модернизация всех главных меридианных инструментов Пулковской обсерватории. При этом обнаружились их некоторые серьезные конструктивные недостатки и повреждения, полученные при спешной эвакуации и долгом хранении в тяжелых условиях блокадного Ленинграда. Усилиями сотрудника ГАО Л.А. Сухарева и механика обсерватории В.В. Вихрова был искусно выправлен значительно деформированный разделенный круг Большого вертикального круга Эртеля – Струве, заново отшлифованы пострадавшие от коррозии цапфы (оси) Большого пассажного инструмента. В 1954 г. в Пулковской обсерватории в Западном меридианном зале на своем фундаменте снова установили Большой пассажный инструмент, а в новом полуцилиндрическом павильоне на научной площадке – Большой вертикальный круг. Начались наблюдения по программе создания Каталога слабых звезд. В течение последующих семи лет на 11 обсерваториях разных стран, включая Пулковскую и Николаевскую, были выполнены наблюдения звезд AGK3R для улучшения фундаментального каталога FK3. После 1976 г. оба главных инструмента (Большой пассажный инструмент и Большой вертикальный круг) были перевезены на новую астрометрическую базу



Меридианный круг и установленный в первом вертикале Пассажный инструмент Репсоляда Пулковской обсерватории. Фото 1868 г.

Пулковской обсерватории на территории Горной станции под Кисловодском для высокоточных наблюдений Солнца и планет.

К настоящему времени сохранилось три меридианных инструмента – **Большой пассажный инструмент и Большой вертикальный круг Эртеля – Струве** (находятся в Пулковской обсерватории) и **Меридианный круг Репсольда** (в Николаевской астрономической обсерватории, Украина). В марте 1989 г. Большой пассажный инструмент и Большой вертикальный круг были признаны памятниками истории науки и техники. Указом Президента РФ № 275 от 2 апреля 1997 г. весь архитектурно-ландшафтный комплекс Пулковской обсерватории взят под защиту государства и включен в Государственный свод особо ценных объектов культурного наследия народов России.

В 2003 г. Большой пассажный инструмент и Большой вертикальный круг были возвращены в Пулковскую обсерваторию и, при финансовой поддержке Министерства культуры РФ, прошли сложную и кропотливую реставрацию, которая была выполнена сотрудником ГАО ведущим инженером А.В. Крюндалем при участии и технической консультации сотрудника Эрмитажа, художника-реставратора высшей категории С.А. Смирнова.

19 июня 2009 г., в дни проведения Всероссийской астрометрической конференции “Пулково-2009”, в год 170-летия со дня основания Пулковской обсерватории и в Международный год астрономии, был торжественно открыт реконструированный Западный меридианный зал Главного здания Пулковской обсерватории с установленными на исходных исторических фундаментах Большим пассажным инструментом и Большим вертикальным кругом Эртеля – Струве (теперь уже музейными экспонатами).

Четвертый исторический инструмент – **Пассажный инструмент Реп-**

сольда, установленный в первом вертикале, – использовался до начала 1940-х гг. В 1840–1842 гг. В.Я. Струве наблюдал на нем программу из семи близзенитных звезд, кульминирующих к югу от зенита. Его наблюдения отличались чрезвычайно высокой точностью (вероятная ошибка составляла $\pm 0,12''$), на их основе В.Я. Струве вывел значение постоянной аберрации, равное $20,4451''$, которое использовалось всеми астрономами в течение 50 лет. Пассажный инструмент Репсольда был разобран перед войной и впоследствии восстановлен не был. От него сохранился только прекрасный объектив.

В настоящее время рассматривается вопрос о включении Пулковской обсерватории как одной из старейших астрономических обсерваторий России (вместе с ее уникальными инструментами) в список научных объектов мирового наследия ЮНЕСКО.

МЕРИДИАННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ НИКОЛАЕВСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Николаевская обсерватория, основанная в 1821 г., расположена в г. Николаеве (Украина; долгота – $+31^{\circ}51'$, широта – $+46^{\circ}58'$, высота – 52 м). В 1821–1829 гг. она строилась под руководством Главного командира Черноморского флота и портов, а также военного губернатора Николаева и Севастополя адмирала *Алексея Самуиловича Грейга* (1775–1845). В 1820 г. А.С. Грейг поручил архитектору Ф.И. Вуншу составить проект обсерватории на основе известных в то время европейских обсерваторий в Упсале, Готе, Геттингене и Дерпте. Местом для строительства обсерватории выбрали Спасский курган высотой 52 м, расположенный к западу от центра города. В 1829 г. строительство в основном закончилось.

Адмирал Грейг прекрасно понимал, что для успешного выполнения своих задач Черноморский флот в первую очередь должен быть обеспечен мореходными картами, сетью опорных



Член-корреспондент Петербургской академии наук и первый директор Николаевской морской обсерватории К.Х. Кнорре.

точек (астропунктов) на суше для военной топографии, оснащен разнообразными навигационными приборами. Необходимо было также преподавать практическую астрономию кадетам Штурманского училища для обучения их астрономическим методам ориентирования на море.

На протяжении последующих лет все эти задачи, а также различные астрономические исследования, выполнялись на новой обсерватории под руководством и при непосредственном участии известного астронома, первого директора Николаевской морской обсерватории, члена-корреспондента Петербургской академии наук *Карла Христофоровича Кнорре* (1801–1883), занимавшего более 50 лет (1820–1871)

должность морского астронома Черноморского флота в Николаеве.

Астрономо-геодезическую практику К.Х. Кнорре получил в 1819–1820 гг. в Дерптской обсерватории у В.Я. Струве, который еще на младшем курсе выделил способного студента Карла Кнорре. В.Я. Струве помогал ему советами в учебе, привлекал к астрономическим наблюдениям в университетской обсерватории и к топографической съемке Лифляндии. Именно В.Я. Струве рекомендовал своего ученика адмиралу А.С. Грейгу на должность морского астронома.

В круг обязанностей К.Х. Кнорре входило обеспечение Черноморского флота точным временем – уточнение шкалы точного звездного времени, наблюдение прохождений звезд через меридиан для координатных определений; картографирование берегов Черного, Азовского и Мраморного морей (за почти 30 лет начиная с 1822 г. были созданы карты побережья Черного моря на основе более 300 опорных астропунктов); проводилось обучение штурманов астрономическим методам навигации, а также выполнялись регулярные поверки хронометров и часов, секстантов, зрительных труб, геодезических приборов и другого оборудования. Все это благотворно сказалось на состоянии Черноморского флота, который в 1828–1829 гг. весьма успешно действовал в войне с Турцией.

2 августа 1833 г. император Николай I отозвал А.С. Грейга в Петербург и назначил его членом Государственного совета, а в 1834 г. – председателем комитета по строительству Пулковской обсерватории. Таким образом, адмирал А.С. Грейг был непосредственным участником создания трех астрономических обсерваторий – личной (ныне расположенной в здании музея судостроения и флота в Николаеве), Николаевской и Пулковской. В настоящее время Пулковская и Николаевская обсерватории – активно действующие научные учреждения, широко известные мировому астрономическому сообществу.

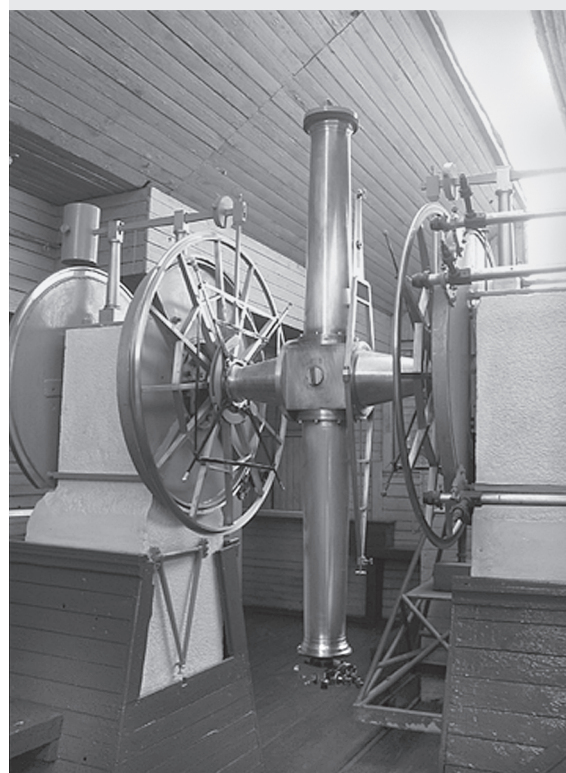
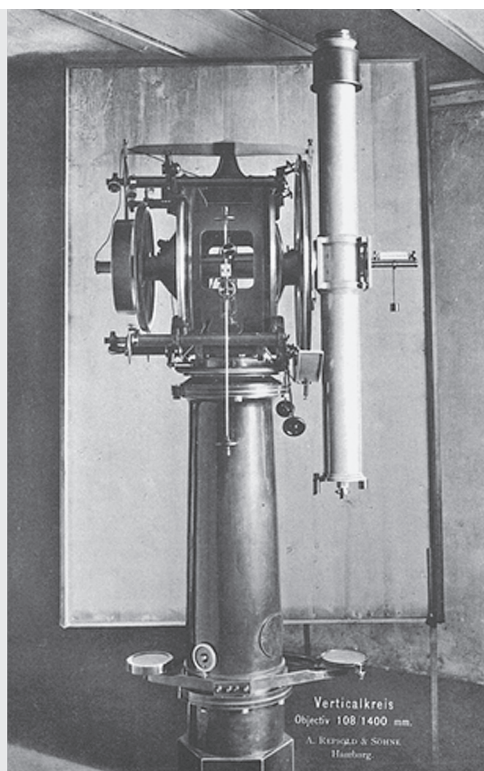
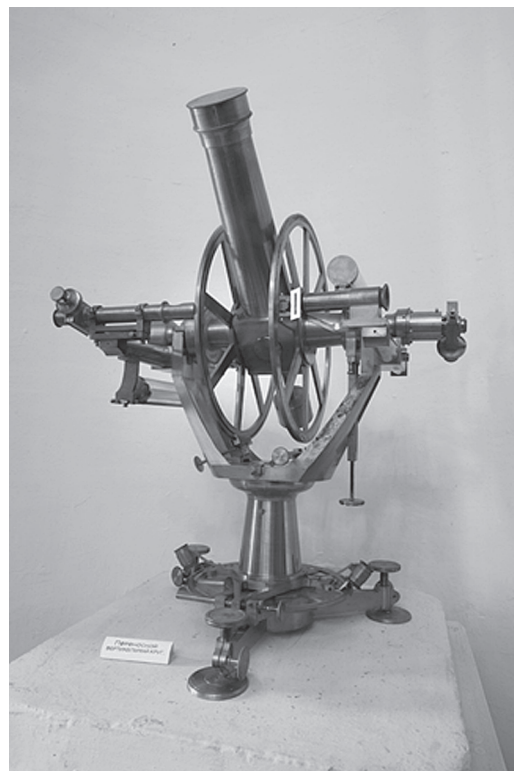
В здании Николаевской обсерватории, в помещении к востоку от аудитории, на общем фундаменте (в виде четырехугольной усеченной пирамиды из тесаного известняка длиной 6,7 м, шириной 2,1 м и высотой 4,8 м с двумя парами монолитных столбов из местного гранита) в 1832 г. были установлены **Трехфутовый меридианный круг** ($D = 102$ мм, $F = 914$ мм) производства фирмы Рейхенбаха – Эртеля и **Пассажный инструмент Утцшнейдера** ($D = 102$ мм, $F = 914$ мм). Эти инструменты, а также **Рефрактор Фраунгофера** с объективом Мерца ($D = 102$ мм, $F = 1524$ мм) – главные инструменты обсерватории – относились к числу крупнейших инструментов того времени. Кнорре занимался усовершенствованием этих инструментов (например, разработал конструкцию передвижного ртутного горизонта для меридианного круга) и постоянно улучшал методику наблюдений на меридианных инструментах.

В 1825–1827 гг. К.Х. Кнорре совершил очень полезную и плодотворную поездку по Европе, где он посетил около 20 научных и астрономических центров, встречался с такими выдающимися учеными, как Ф. Бессель, Дж. Гершель, Ф. Араго, И. Боде и Ф. Николаи, с которыми потом долгие годы переписывался. Активность К.Х. Кнорре проявилась и в установке личных контактов с западноевропейскими астрономами, книгоиздателями и мастерами по производству астрономических инструментов и приборов, а также с изготовителями морских хронометров и зрительных труб в Альтоне (Г.К. Шумахер), Готе (И. Энке), Мюнхене (Т. Эртель) и Лондоне (Э. Тротон). С некоторыми из них (Репсольд, Утцшнейдер, Пистор) он договорился об изготовлении и поставках заказанного оборудования в Россию, а также о ценах на них, что сильно облегчило задачу по снабжению Черноморского флота геодезическими и астрономическими инструментами, хронометрами и другими приборами.

В 1821–1830 гг. К.Х. Кнорре вел активные наблюдения на личной астрономической обсерватории адмирала А.С. Грейга посредством **Двухфутового меридианного круга Либгера**. Он уточнил географическую широту обсерватории Грейга; вычислил положения звезд α и δ Малой Медведицы на каждый день с 1823 г. по 1830 г., использовавшиеся при производстве полевых астрономо-геодезических работ; в 1823–1824 гг. проводил наблюдения комет и отсылал результаты в Берлин издателю немецкого журнала “Astronomische Nachrichten” Г.К. Шумахеру.

Почти семь лет затратил К.Х. Кнорре на составление пятого листа карты звездного неба для атласа Берлинской академии наук, эту карту он обещал создать Ф. Бесселю во время своего пребывания в Кёнигсберге. Наблюдения звезд производились на рефракторе, оснащенном нитяным микрометром, а после 1832 г. – на меридианном круге Рейхенбаха – Эртеля. Высокоточная карта К.Х. Кнорре обеспечила открытие малых планет Астреи и Флоры, что сделало автора известным среди астрономов. В 1876–1899 гг. геодезист и второй директор Николаевской астрономической обсерватории *И.Е. Кортацци* (1853–1903) использовал Меридианный круг Рейхенбаха – Эртеля для составления каталога “Николаевская экваториальная зона” координат 5954 звезд до 9-й звездной величины для первого сводного каталога AGK1. В середине XX в. этот каталог был использован при подготовке второй части фундаментального каталога FK5.

В конце XIX в. началось интенсивное освоение причерноморского края. После Крымской войны 1853–1856 гг. Гидрографическое управление при Морском министерстве России в 1870-е гг. резко активизировало свою деятельность по обеспечению плавания в Черном и Азовском морях. Руководство астрономо-геодезическими работами (с личным участием в проводимых экспедициях) осуществляли



Переносной Вертикальный круг Репсольда, Вертикальный круг Репсольда (вверху) и Меридианный круг Репсольда (внизу). Фото XX в.

николаевские астрономы К.Х. Кнорре и И.Е. Кортацци. Летом 1873 г. И.Е. Кортацци совместно с офицерами корабля “Буг” выполнил триангуляционные и нивелировочные измерения вдоль реки Южный Буг и в окрестностях Николаева. Во время астрономических и геодезических работ вдоль побережья Черного моря И.Е. Кортацци использовал на астропунктах **Переносной вертикальный круг Репсольда** ($D = 40$ мм, $F = 500$ мм) для определения времени и широты. Он был изготовлен в 1868 г. фирмой “Repsold” в Гамбурге. В настоящее время этот инструмент – экспонат астрономического музея Николаевской обсерватории.

В 1909–1912 гг. Николаевскую морскую обсерваторию передали под управление Пулковской обсерватории, и из Одессы в Николаев был перенесен **Вертикальный круг Репсольда** ($D = 108$ мм, $F = 1400$ мм). В 1897 г. директор Пулковской обсерватории О.А. Баклунд заказал его в Гамбурге у братьев Репсольд для Одесского отделения, где в 1899 г. начались наблюдения звезд и Солнца. Инструмент снабжен вертикальным двухминутным кругом ($D = 700$ мм) с четырьмя отсчетными микроскоп-микрометрами и горизонтальным кругом с двумя микроскопами. После профилактического ремонта и детального его исследования в Пулкове в начале июня 1913 г. он был установлен в Николаеве в новом павильоне. В марте 1914 г. астроном Б.П. Осташенко-Кудрявцев начал на нем наблюдения абсолютных склонений звезд из списка Баклунда – Хофа для создания каталога на эпоху и равноденствие 1915.0. А всего на Вертикальном круге Репсольда до 1992 г. было составлено пять каталогов (Nik15, Nik25, Nik30, Nik50 и Nik60), которые использовались при создании фундаментальных каталогов NFK, FK3, FK4, FK5. Кроме каталогов абсолютных склонений звезд николаевский астроном Г.К. Циммерман наблюдал на нем дифференциальным методом еще и “геодезические” звезды, которые вош-

ли позже в “Каталог 2957 ярких звезд” Н.В. Циммермана. В настоящее время Вертикальный круг Репсольда отреставрирован и с мая 2009 г. находится в музее Николаевской астрономической обсерватории.

После войны в 1955 г. в Николаевскую обсерваторию был передан Пулковский Меридианный круг Репсольда. На новом месте его установили в специально построенном павильоне с раскатной кровлей и двумя горизонтальными коллиматорами. В 1956 г. на этом инструменте были начаты новые наблюдения в более южной, чем в Пулкове, зоне склонений. В течение 50 лет было получено девять каталогов по международным программам, предложенных пулковскими и николаевскими астрономами (при участии 11 обсерваторий разных стран). Всего по этой серии было выполнено 37 тыс. наблюдений. В 1964 г. Меридианный круг Репсольда оснастили четырьмя фотографическими микроскопами для отсчета лимбов, а впоследствии фотоэлектрическим окулярным микрометром и ПЗС отсчетными системами лимба. Были составлены каталоги южных опорных звезд (SRS) и ярких звезд (BS), каталог зодиакальных звезд, звезд из ФКЗ3 и FK4.

В 2002 г., после реставрации, Меридианный круг Репсольда был передан в астрономический музей Николаевской обсерватории. С 2008 г. Николаевская обсерватория включена в предварительный список объектов мирового наследия ЮНЕСКО (№ 5116).

Таким образом, уникальные меридианные инструменты, созданные в XIX в. для Пулковской и Николаевской обсерваторий талантливыми немецкими механиками братьями Адольфом и Георгом Репсольд, Г. Рейхенбахом, Т. Эртелем, Й. Фраунгофером, И. Утцшнейдером, при непосредственном участии российских астрономов В.Я. Струве и К.Х. Кнорре, сыграли выдающуюся роль в развитии и достижениях российской астрономии, геодезии и картографии.

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: март – апрель 2011 г.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Март		
1	3	Луна проходит в 2° севернее Венеры
4	20	Новолуние
6	7	Луна в апогее
12	23	Первая четверть
13	21	<i>Покрытие η Близнецов Луной</i>
16	3	Меркурий проходит в 2° севернее Юпитера
19	18	Полнолуние
19	18	Луна в перигее
20	23	Весеннее равноденствие
21	12	Уран в соединении с Солнцем
22	22	Меркурий в наибольшей восточной элонгации (19°)
26	12	Последняя четверть
27	1	Венера проходит в 0,1° южнее Нептуна
30	19	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
31	8	Луна проходит в 6° севернее Венеры
Апрель		
2	8	Луна в апогее
3	14	Новолуние
3	19	Луна проходит в 6° севернее Юпитера
3	23	Сатурн в противостоянии с Солнцем
6	14	Юпитер в соединении с Солнцем
9	19	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
11	11	Первая четверть
17	5	Луна в перигее
18	2	Полнолуние
22		<i>Максимум метеорного потока Лириды</i>
22	5	Меркурий переходит от попятного движения к прямому
23	2	Венера проходит в 1° южнее Урана
25	2	Последняя четверть
29	18	Луна в апогее

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
					восход	заход	восход	заход	восход	заход
	ч	м	°	'	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м	ч:м
Март 1	22	46	−07	52	06:40	17:49	06:53	17:36	07:14	17:15
11	23	23	−04	00	06:22	18:02	06:28	17:56	06:37	17:47
21	00	00	−00	03	06:04	18:15	06:03	18:16	06:00	18:18
31	00	36	+03	52	05:45	18:28	05:37	18:36	05:23	18:49
Апрель 10	01	12	+07	41	05:26	18:41	05:12	18:55	04:46	19:21
20	01	49	+11	16	05:09	18:53	04:47	19:15	04:09	19:53
30	02	27	+14	33	04:33	19:06	04:24	19:34	03:32	20:26

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время восхода Солнца 1 марта 2011 г. в Кисловодске (широта 43°55', долгота 2°31^м, 2-й часовой пояс). Пользуясь таблицей II, интерполируем по широте значение времени восхода Солнца на 1 марта, получаем 6^ч39^м. Вычтем из него долготу места, прибавим номер часового пояса и час для учета декретного времени, получим 6^ч48^м.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для раз- ных широт, ч			Период	
	ч	м	о	'				45°	55°	65°		
Меркурий												
Март	1	23	00,0	−08	07	−1,7	5,0	0,99	−	−	−	
	11	00	08,3	+00	45	−1,2	5,5	0,87	0,3	−	−	Вечер
	21	01	04,0	+08	55	−0,5	7,0	0,52	1,2	1,3	1,4	Вечер
	31	01	24,7	+12	27	1,7	9,4	0,15	−	−	−	
Апрель	10	01	07,7	+09	45	6,2	11,4	0,00	−	−	−	
	20	00	49,1	+04	58	2,5	11,0	0,11	−	−	−	
	30	00	56,9	+03	32	0,9	9,3	0,29	−	−	−	
Венера												
Март	1	20	01,8	−19	34	−4,1	16,0	0,71	2,0	1,4	−	Утро
	11	20	51,0	−17	23	−4,1	15,0	0,75	1,7	1,0	−	Утро
	21	21	39,1	−14	23	−4,0	14,1	0,78	1,4	0,6	−	Утро
	31	22	26,0	−10	42	−3,9	13,4	0,80	1,2	−	−	Утро
Апрель	10	23	11,7	−06	31	−3,9	12,8	0,83	1,0	−	−	Утро
	20	23	56,6	−02	00	−3,9	12,3	0,83	0,9	−	−	Утро
	30	00	41,3	+02	39	+02	11,8	0,87	0,8	−	−	Утро

Таблица III (окончание)

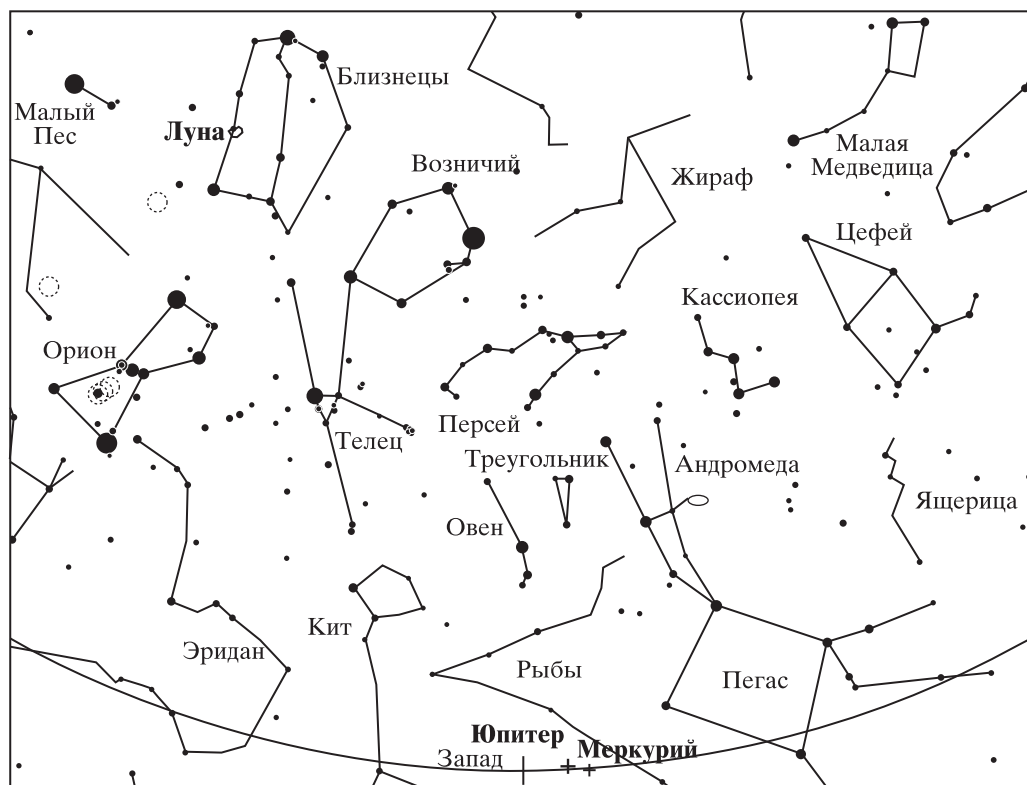
Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для раз- ных широт, ч			Период	
	ч	м	о	'				45°	55°	65°		
Марс												
Март	1	22	27,2	−10	50	1,1	4,0	1,00	—	—	—	
	11	22	56,8	−07	51	1,1	4,0	1,00	—	—	—	
	21	23	25,9	−04	45	1,2	4,0	1,00	—	—	—	
	31	23	54,6	−01	37	1,2	4,0	1,00	—	—	—	
Апрель	10	00	23,1	+01	32	1,2	4,0	0,99	—	—	—	
	20	00	51,4	+04	38	1,2	4,0	0,99	—	—	—	
	30	01	19,8	+07	37	1,2	4,0	0,99	—	—	—	
Юпитер												
Март	1	00	29,7	+02	00	−1,9	33,9	1,00	2,2	2,5	2,8	Вечер
	11	00	38,2	+02	55	−1,9	33,6	1,00	1,5	1,6	1,7	Вечер
	21	00	46,9	+03	51	−1,9	33,3	1,00	0,6	0,3	—	Вечер
	31	00	55,8	+04	48	−1,9	33,1	1,00	—	—	—	
Апрель	10	00	04,8	+05	44	−1,9	33,1	1,00	—	—	—	
	20	01	13,7	+06	38	−1,9	33,2	1,00	—	—	—	
	30	01	22,6	+07	32	−1,9	33,4	1,00	—	—	—	
Сатурн												
Март	1	13	03,4	−03	52	0,5	19,0	1,00	9,5	9,5	9,3	Ночь
	11	13	01,2	−03	36	0,5	19,2	1,00	9,9	9,8	9,5	Ночь
	21	12	58,7	−03	19	0,4	19,3	1,00	10,2	9,9	9,3	Ночь
	31	12	55,9	−03	01	0,4	19,3	1,00	10,1	9,6	8,6	Ночь
Апрель	10	12	53,0	−02	43	0,4	19,3	1,00	9,8	9,1	7,8	Ночь
	20	12	50,2	−02	25	0,5	19,3	1,00	9,2	8,4	6,5	Ночь
	30	12	47,7	−02	10	0,5	19,1	1,00	8,6	7,5	5,2	Ночь

Примечание. Координаты даны на момент 0^h по Всемирному времени.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий стремительно опережает Солнце на небесной сфере и во второй декаде марта появляется на фоне вечерней зари поблизости от Юпитера. Вечером 14–16 марта эта пара планет находится на небе в пределах 3° друг от друга, причем Меркурий (−1,1^m) уступает в яркости Юпитеру в два раза. В телескоп видно, что Юпитер превосходит Меркурий в угловом диаметре более чем в пять раз. Можно

попытаться заметить фазу Меркурия (0,8). В последующие дни ближайшая к Солнцу планета поднимается на небе выше Юпитера и приближается в пространстве к Земле, благодаря чему растет угловой размер и убывает фаза. 23 марта планета находится на максимальном угловом расстоянии от Солнца, спустя неделю меняет направление движения на попятное и стремительно приближается на небе к дневному светилу. Период вечерней видимости заканчивается в конце марта. Во второй



Вид западной части звездного неба в Москве 14 марта в 20^ч по московскому времени. Отмечено положение Луны, Меркурия, Юпитера.

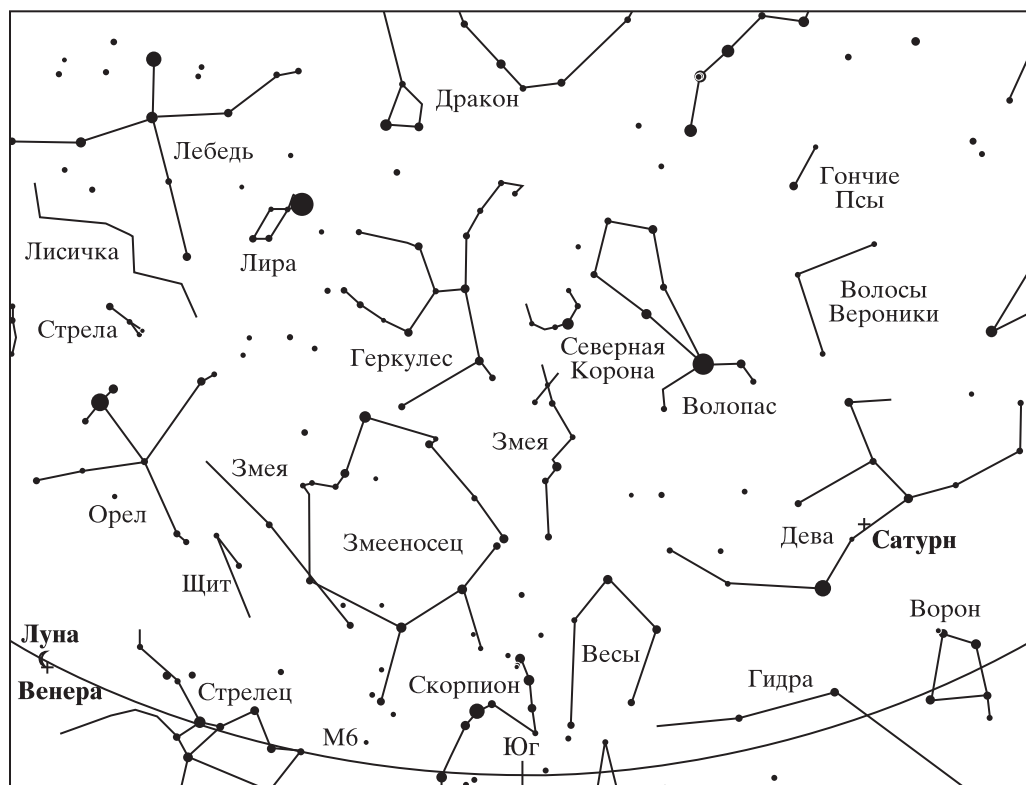
половине апреля планета окажется к западу от Солнца, но более южное, по сравнению с солнечным, склонение затруднит утренние наблюдения в Северном полушарии.

Первое утро весны ознаменовано тесным соединением Луны с яркой **Венерой**. К сожалению, из-за низкого расположения эклиптики по утрам условия видимости планеты неблагоприятны, так что в полной мере насладиться этим явлением смогут лишь наблюдатели на юге России, где Луна с Венерой успеют подняться достаточно высоко над горизонтом до восхода Солнца. Любители астрономии, вооружившись телескопом, обратят внимание на то, что в отличие от Луны, видимой в фазе узкого серпа (0,3), Венера освещена Солнцем более чем наполовину

(фаза 0,71). В последующие дни марта планета приближается к Солнцу на небесной сфере, пересекает с запада на восток созвездие Козерога, 25 марта переходит в Водолей. К этому моменту Венера покидает утреннее небо в средних широтах нашей страны, на юге планету можно попытаться увидеть и в течение апреля.

Марс по-прежнему скрывается от земных наблюдателей в лучах дневного светила.

Начало марта **Юпитер** встретит в созвездии Кита, неподалеку от границы с Рыбами, куда он вернется 8 марта. В это время его видно около двух часов после захода Солнца, но условия видимости стремительно ухудшаются, и уже спустя месяц состоится соединение Юпитера с Солнцем.



Вид южной части звездного неба в Москве 1 марта в 6^ч по московскому времени. Отмечено положение Луны, Венеры, Сатурна.

Сатурн перемещается попятно по созвездиям Девы, где и вступает в очередное противостояние с Солнцем. В начале марта он восходит над горизонтом поздно вечером, но с каждым днем появляется на небе все раньше. Даже в бинокль можно увидеть ярчайший спутник Сатурна – Титан ($8,3^m$). Для того чтобы обнаружить Рею ($9,7^m$), Тетфию ($10,2^m$) и Диону ($10,4^m$), потребуется любительский телескоп. Благодаря грандиозной системе колец Сатурн ос-

тается притягательным объектом для многих любителей астрономии. В этом году планета обращена к Земле своим северным полюсом, причем год от года угол наклона колец к лучу зрения увеличивается. По сравнению с Юпитером диск планеты выглядит менее контрастно, поэтому заметить детали облачной структуры планеты не так просто.

Д.А. ЧУЛКОВ
ГАИШ МГУ

Аномальное лето 2010 года на европейской территории России

Лето 2010 г. войдет в историю климата Центральной России

как наиболее теплое за весь период метеорологических наблюде-

ний, по крайней мере за последние 120–130 лет.

В начале **июня 2010 г.** с выносом теплого воздуха из Малой Азии экстремально высокая температура отмечалась в ряде городов Центрального и Приволжского федеральных округов. В середине июня жаркая погода повторилась на юге Приволжского федерального округа. В третьей декаде июня над центральными областями Европейской России и Поволжьем надолго устанавливается блокирующий высотный антициклон. В общей сложности он просуществовал 55 дней, то есть до середины августа 2010 г. В связи с такими условиями циркуляции в средней тропосфере с конца июня наблюдалась аномально жаркая погода с неоднократным перекрытием абсолютных максимумов температуры.

В июне в Москве абсолютные максимумы перекрывались дважды. В Москве 25 июня было

33,1° (32,5° в 1999 г.), а 26 июня температура превысила абсолютный максимум дня, было 33,6° (в 1917 и 1940 гг. 31,6°). В результате июнь попал в число “температурных” рекордсменов после рекордно теплых апреля и мая. Самые крупные в Восточном полушарии положительные аномалии среднемесячной температуры воздуха сформировались на территории России. Южный, Северо-Кавказский и южные районы Дальневосточного федеральных округов стали в июне также самыми жаркими за 120 лет метеонаблюдений.

В Приморском крае и на юге Хабаровского края, в Астраханской и Волгоградской областях, в Республиках Северного Кавказа аномалии превысили 4–5 °С. На всей территории России, за исключением Республик Карелия и

Коми, Мурманской и Архангельской областей, было аномально тепло. В течение месяца новые рекорды максимальной температуры воздуха фиксировались на Верхней, Средней и Нижней Волге, в Краснодарском и Ставропольском краях, в Кабардино-Балкарии, Северной Осетии и Дагестане, на юге Урала, Западной Сибири и Красноярского края, в Приморье, Хабаровском крае, Амурской области, Забайкалье, на Сахалине и Курилах, в Центральном федеральном округе, то есть во многих районах России. Порой столбик термометра поднимался выше 35° и даже 40°. Все это привело к тому, что средняя на территории России температура воздуха за июнь 2010 г. оказалась на втором месте в ранжированном ряду с 1891 г. и уступила лишь 0,1° рекордно жаркому июню 2006 г.

Жара, охватившая европейскую территорию страны, пришла к нам из Центральной Азии и со Среднего Востока. В Узбекистане, Казахстане, Туркмении, Иране и Афганистане температура достигала 42°. Там тоже были установлены новые рекорды максимальной температуры воздуха, а нормы среднемесячной температуры превышены на 2–4°.

В Москве средняя температура июня была +18,8°; аномалия – +2,2°. Несмотря на сильную жару в конце месяца, средняя температура июня 2010 г. попала лишь во второй десяток своих самых теплых “братьев”. Даже в такие, достаточно близкие к нам годы, как 1995, 1998 и 1999, она была значительно выше.

В начале **июля** после некоторого ослабления восстановилась жара на большей части европейской территории России. На западе Северо-Западного федерального округа, почти во всем Центральном федеральном округе и на западе Приволжского федерального округа средняя суточная температура на 8° и более превышала норму.

Жара быстрее всего добралась до северо-запада России. В Санкт-Петербурге, Пскове и Петрозаводске обновлены рекорды максимальной температуры.

В начале второй десятидневки рекордно жарко стало в Среднем, Нижнем Поволжье, Башкортостане и Предуралье, а также в Дагестане, с середины месяца – и в средней полосе. В большинстве городов Центрального федерального округа “пали” прежние абсолютные максимумы температуры. Восстановился зной в Вологодской области. В отдельные дни сохранялась аномально жаркая погода на севере Приволжского федерального округа. В Москве обновилось *десять рекордов абсолютной жары*. 16 июля было 33,6° (в 1938 г. – 32,8°), 17 июля 35,0° (в 1951 – 33,7°), 22 июля 35,2° (в 1981 г. – 35,0°), 23 июля 36,3° (в 1882 и 1885 гг. – 32,8°), 24 июля 36,7° (в 1936 г. – 34,2°), 25 июля 36,0° (в 1936 г. – 34,3°), 26 июля 37,5° (в 1936 г. – 33,5°), 27 июля 35,7° (в 1936 г. – 34,8°), 28 июля 37,5° (в 1882 г. – 34,3°) и 29 июля 38,2° (в 1920 г. – 34,2°). При этом оказались перекрытыми максимумы июля и всего летнего сезона. Теперь максимум летнего сезона – 38,2° – принадлежит 29 июля 2010 г.

Июль 2010 г. в Москве стал самым жарким за всю историю метеонаблюдений. Его средняя температура превысила климатическую норму на 7,8°. Средняя месячная температура оказалась +26,0°. Максимальная

средняя суточная температура 22 раза преодолела отметку в +30°. Прежде самым жарким этот месяц был в 1938 г., когда средняя месячная температура составила +23,5°, что на 5,3° выше нормы. Но в памяти москвичей еще не стерся и июль 1972 г., когда средняя температура оказалась +22,4°, превысив норму на 4,2°. Из других экстремально теплых июлей следует отметить 1885 г. (+22,5°), 1920 г. (+21,2°), 1939 г. (+20,4°), 2001 г. (+22,9°) и 2002 г. (+22,7°).

По развитию синоптических процессов, а также по ходу температуры и количеству выпавших осадков июль 2010 г. больше всего похож на июль 1972 г. Тогда в 13 днях максимальная температура воздуха перешагнула 30-градусную отметку, в остальное время была в пределах от +25° до +28°. Лишь в последнюю пятидневку жара спала, температура понизилась до +20...+25°.

Кстати, за всю историю метеорологических наблюдений, проводимых в Москве с 1879 г., средняя суточная температура июля чаще всего была близка к норме (в 71 случае из 131, или более 55%). 24 раза из 131 июль был холодным, средняя температура за месяц не достигала до нормы более 2 градусов. На долю теплых июлей

приходится 36 месяцев из 131, то есть 27%.

В середине **августа** закончился длительный период жаркой погоды в большинстве районов европейской территории России. Блокирующий антициклон, который почти два месяца определял аномально жаркую и сухую погоду, разрушился. Начиная с северо-запада на европейской территории России аномально жаркая и сухая погода сменилась сначала умеренно теплой с кратковременными дождями и грозами, а календарное лето, по крайней мере в средней полосе, завершилось прохладной погодой с дождями. Тем не менее и август 2010 г. стал самым жарким. В Москве он отличился десятью рекордами максимальной температуры: 2 августа было 36,9° (в 1936 г. – 36,7°), 3 августа 34,8° (в 1936 г. – 34,7°), 4 августа 37,2° (в 1880 г. – 34,0°), 5 августа 36,6° (в 1920 г. – 32,7°), 6 августа 37,3° (в 1920 г. – 35,4°), 8 августа 36,1° (в 1932 г. – 33,3°) 9 августа 35,6° (в 1893 г. – 32,3°), 10 августа 34,4° (в 1893 г. – 31,7°), 15 августа 31,0° (в 2007 г. – 30,5°), 18 августа 33,2° (в 2008 г. – 31,2°).

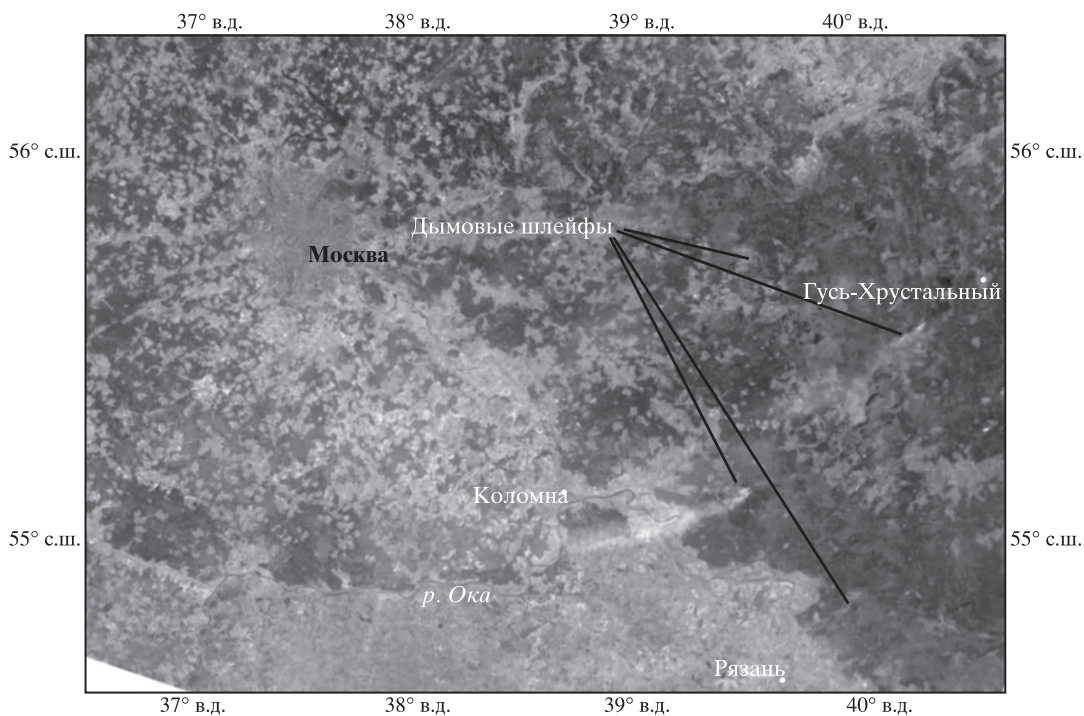
Август 2010 г. для Москвы оказался самым жарким после 1938 г. Его средняя суточная температура составила 21,8°, положительная аномалия температуры – +5,4°. В итоге лето

2010 г. выдалось щедрым на рекорды погоды. Всего за три месяца было зафиксировано 22 случая с экстремально высокой температурой. Аномальная жара простояла в столичном регионе более месяца, и в результате средняя за лето температура на 5.1 градуса превысила среднее многолетнее значение для этого сезона. *Весь летний сезон 2010 г. в Москве стал самым жарким с начала инструментальных наблюдений.* На территории столичного региона максимальная температура воздуха в отдельные дни достигала 38–39 градусов. В пределах Москвы самой “горячей” метеостанцией был “Балчуг”, где столбики термометров поднимались до отметки +39. На опорной метеостанции Гидрометцентра максимум температуры составил +38,2 градуса. В Подмоскovie, в Коломне и Быкове воздух нагревался до +39,7 градуса.

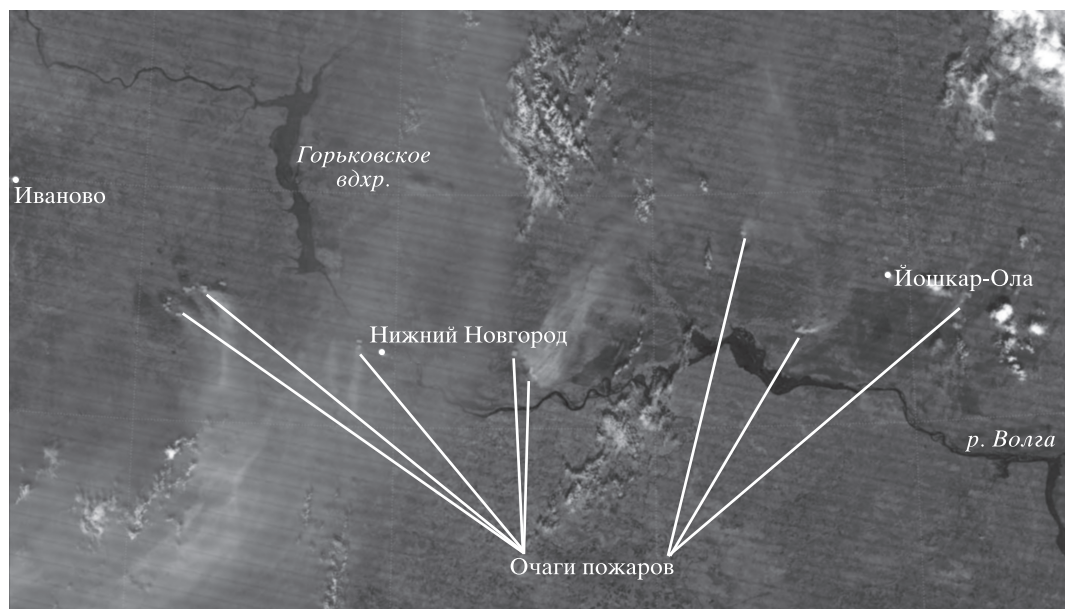
Следует отметить, что количество осадков, выпавших летом 2010 г., было обычным. Этот год не вошел даже в первую двадцатку самых сухих летних месяцев. По этому показателю первенство принадлежит 1897 г., когда в столице выпало всего 84 мм осадков, а в 2010 г. на территории региона суммарное количество дождей было 106–240 мм.

Причиной засушливой и жаркой погоды летом 2010 г. на территории европейской части Российской Федерации называют *циркуляционный фактор*. Отрог Азорского антициклона распространил свое влияние на страны Восточной Европы. Он выполнял блокирующую миссию, перекрывая путь атлантическим циклонам на восток, которые, достигнув западных берегов материка, резко поворачивают на север. В их теплых секторах африканский воздух выносится далеко на север, почти за Полярный круг.

У поверхности земли характер циркуляции тоже антициклональный. Антициклоны приходят на европейскую территорию России с запада и северо-запада. На их переднем крае распространяется с юго-востоком потоком сухой и раскаленный воздух из Средней и Центральной Азии. На открытых Солнцу площадях воздух от поверхности земли сильно прогревается. Необычность возникшей ситуации в ее продолжительности. Блокирующий антициклон существовал с небольшими переборами с конца июня. По оценкам экспертов, лето 2010 г. стало самым засушливым в большинстве российских регионов, а июль в ряде регионов европейской территории России – самым знойным за последние 100 лет.



Дымы от лесных и торфяных пожаров в средней полосе европейской части России. Снимок сделан 14 июля 2010 г. российским метеоспутником "Метеор-М1". Информация предоставлена ГУ «НИЦ "Планета"».



Очаги лесных и торфяных пожаров в Ивановской, Нижегородской областях и Республике Марий Эл. Снимок сделан 31 июля 2010 г. ИСЗ "Терра" (MODIS). Информация предоставлена ГУ «НИЦ "Планета"».

Небольшие дожди и некоторое ослабление жары 11–15 июля в Центральном Черноземье и Поволжье не смогли прекратить почвенную засуху. Ситуация по-прежнему оставалась сложной в Поволжье, Оренбургской, Челябинской, Пензенской областях, Удмуртии, Мордовии, Татарстане и Башкирии. В этих регионах был введен режим

чрезвычайной ситуации в связи с засухой. Под угрозой оказался урожай зерновых. Положение усугубили сильные *лесные пожары*. В Нижегородской области горели леса и торфяники. Таких сильных пожаров, как летом 2010 г., в Нижнем Новгороде не видели несколько десятков лет. В Пензенской области на полях погибло 45%

урожая. Причем пострадали не только яровые, но и озимые культуры. В Ульяновской области из-за аномальной жары, по оценкам агрономов, посевы пострадали на 76 тыс. гектаров.

Л.Н. ПАРШИНА,
кандидат
географических наук
Росгидромет

Информация

Рудные месторождения формируются бактериями

Американские ученые и исследователи из Национальной лаборатории имени Эрнста Лоуренса в Беркли изучили материал из закрытой и заполненной водой шахты свинцово-цинкового месторождения Пикетт в штате Висконсин (США). В тоннелях заброшенной шахты они увидели удивительную картину активной жизни: стены покрывали белые сгустки и толстый слой красно-оранжевой слизи. Это были различные анаэробные (не нуждающиеся

в кислороде) бактерии, получающие энергию с помощью окисления железа и преобразования серы. Слой цвета ржавчины возникал в местах деятельности бактерий, окисляющих железо, а белые сгустки – скопление бактерий восстановителей сульфата до серовородорода. Они использовали в своих реакциях ионы цинка, образуя наночастицы сернистого цинка – пятна белого цвета. Ученые обнаружили, что в бактериальной биопленке формируются относительно крупные (размером в микрон) шарики сфалерита, состоящие из множества наночастиц. Такой шарик солидных для молекулярного мира размеров обретает устойчивость. Размеры наночастиц в тысячи раз меньше, они были бы растворены и вымыты из бактериальной пленки в окружающее пространство. Как установлено, шарики, содержащие цинк, возникают при взаимодействии

ионов цинка с белками, богатыми аминокислотой. Подобные процессы ученые наблюдали под микроскопом, изучая и естественные руды, и материал, полученный в лабораторных опытах: ферменты с высоким содержанием нанобелков выполняют в клетке функцию поставщика необходимых ионов металлов – железа, марганца и др. Эти исследования позволяют понять, сколь значительна роль живых организмов в образовании месторождений различных металлов. По-видимому, примерно такие бактерии действовали на Земле в древнейшую (сотни миллионов лет назад) архейскую эру и продолжают “работать”, формируя рудные месторождения. Все это помогает познанию прошлого и будущего жизни не только на Земле, но и на других планетах.

Science, v. 316, pp. 1600–1603

**УКАЗАТЕЛЬ ПРОБЛЕМНЫХ СТАТЕЙ ПО АСТРОНОМИИ,
КОСМОНАВТИКЕ И НАУКАМ О ЗЕМЛЕ, ОПУБЛИКОВАННЫХ
В “ЗЕМЛЕ И ВСЕЛЕННОЙ” В 2008–2010 гг.***

Абалакин В.К., Левитан Е.П. Международный год астрономии (МГА-2009)	2009, 1
Агаронян Ф.А., Чернякова М.А. Небо в гамма-лучах	2009, 2
Барталёв С.А., Лупян Е.А. Современные возможности спутникового мониторинга растительности	2008, 2
Беляков А.С. Феномен подземного звука	2009, 2
Блинников С.И. Сверхновые и их остатки (по данным рентгеновских обсерваторий)	2008, 2
Бреус Т.К. Влияние “космической погоды” на биологические объекты	2009, 3
Веселовский И.С. Завершение миссии АМС “Улисс”: четырехмерная гелиосфера	2009, 5
Вибе Д.З. Рождение массивных звезд	2009, 4
Гинзбург А.С., Виноградова А.А. Изменение климата, загрязнение атмосферы и здоровье	2009, 3
Гнедин Ю.Н. Межгалактическое магнитное поле	2009, 1
Голицын Г.С., Гранберг И.Г., Ефименко Н.П., Поволоцкая Н.П. Атмосфера и здоровье человека	2009, 3
Головко В.А., Кондранин Т.В. Космический мониторинг ураганов	2009, 6
Григорьев А.И., Макоско А.А. Об исследованиях влияния изменений погоды и климата на здоровье человека в программе Президиума РАН “Фундаментальные науки – медицине”	2009, 3
Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Ожидаемые изменения климата: вероятностный прогноз	2009, 1
Давыдов В.Н., Макаров Ю.Н. Космос и фундаментальная наука: состояние и перспективы	2010, 2
Дубровин В.К. Первичные молекулы в “Темную эпоху”	2009, 2
Емельянов Н.В. Эфемериды – инструмент открытий новых небесных тел	2010, 5
Засов А.В. Инфракрасное небо	2008, 4
Карюкин И.Т. Экологический мониторинг с борта МКС	2008, 5
Клюйков А.А. Современные методы картографирования гравитационного поля Земли	2010, 5
Козенко А.В. Спутники Марса	2009, 4
Колесников Е.М. Взрыв ядра кометы	2008, 3
Кораблёв О.И. По следам воды на Марсе (новые данные АМС “Марс Экспресс”)	2008, 4
Котляков В.М. Соотношение естественных и антропогенных причин глобальных изменений климата	2010, 5
Котов Ю.Д. Солнечный спутниковый проект “Коронас – Фотон”	2009, 3
Куимов К.В., Жаров В.Е. Астрономическая навигация	2008, 5

* Одноименные Указатели статей опубликованы в нашем журнале в 1965–2008 гг., см. 1995, №№ 1–2; 1995, №№ 3–4; 1995, №№ 5–6; 2003, № 2; 2008, № 5.

Лаврова О.Ю., Митягина М.И. Спутниковый мониторинг антропогенных загрязнений прибрежной зоны	2008, 1
Лазарев Е.Н., Родионова Ж.Ф. Новая карта рельефа Венеры	2008, 2
Лазарев Е.Н., Родионова Ж.Ф. Карта рельефа полярных областей Луны	2010, 4
Лопота В.А. Научные исследования на МКС (к 10-летию запуска первого модуля)	2008, 6
Маров М.Я. Природа малых тел и их миграция в Солнечной системе	2008, 6
Мохов И.И., Хон В.Ч. Перспективы Северного морского пути (по данным моделирования)	2009, 2
Новиков И.Д. Темные объекты и темная материя	2009, 5
Обридко В.Н. Циклы солнечной активности и особенности 23-го цикла	2010, 6
Озеров А.Ю., Гордеев Е.И. Извержение вулкана Эйяфьятль в 2010 году	2010, 6
Ревич Б.А. Чем грозит нашему здоровью изменение климата	2009, 3
Ревнивцев М.Г. “Интеграл” проводит перепись “населения” Галактики	2010, 1
Родионова Ж.Ф., Козлова Е.А. Поверхность Меркурия – от первых зарисовок до фотографий АМС “Мессенджер”	2008, 4
Ромейко В.А. Загадка века	2008, 3
Светцов В.В. Падение Тунгусского космического тела: факты, модели, современные представления	2008, 3
Степанов А.В. Корональная сейсмология – эффективный метод диагностики звездных коронок	2008, 1
Титов Д.В., Закутняя О.В. “Венера Экспресс”: основные итоги первого этапа миссии	2009, 6
Уральская В.С. Мифологические герои в небе Сатурна	2008, 2
Финкельштейн А.М., Шор В.А. В повестке дня – астероидно-кометная опасность	2010, 3
Человеков И.В. Космическая лаборатория термоядерных взрывов	2008, 5
Черепашук А.М. Новые формы материи во Вселенной	2010, 1
Черепашук А.М. Оптические исследования рентгеновских двойных систем и ядер галактик	2010, 3
Черных Л.И. О наблюдениях малых планет	2010, 1
Шевченко В.В. Юбилей первой пилотируемой экспедиции на Луну	2009, 5
Шевченко В.В. Вода сухой Луны	2010, 4
Шустов Б.М., Сачков М.Е. Ультрафиолетовая Вселенная	2009, 6

Двадцать пятая экспедиция на МКС

8 октября 2010 г. с космодрома Байконур стартовал космический корабль "Союз ТМА-01М" новой модификации с экипажем 25-й основной экспедиции на Международную космическую станцию по программе МКС-25/26. Это уже пятая модификация данного пилотируемого корабля, на нем установлена цифровая система управления полетом. На "Союзе ТМА-01М" (масса – 7250 кг) полетели бортинженеры МКС-25/26 российские космонавты А.Ю. Калери и О.И. Скрипочка, бортинженер МКС-25 и командир МКС-26 американский астронавт С. Келли. 10 октября 2010 г. "Союз ТМА-01М" пристыковался к модулю "Звезда" МКС. Экспедиция на МКС рассчитана на 159 сут (до 18 марта 2011 г.).

Александр Юрьевич Калери (268-й астронавт мира, 73-й российский космонавт) родился 13 мая 1956 г. в Юрмале (Латвия). В 1979 г. окончил МФТИ по специальности "Динамика полета и управление" и стал работать в НПО "Энергия" (ныне РКК "Энергия" им. С.П. Королёва). Участ-



Экипаж КК "Союз ТМА-01М" и 25-й основной экспедиции на МКС: С. Келли (США), А.Ю. Калери и О.И. Скрипочка (Россия) во время подготовки к полету. Фото ЦПК им. Ю.А. Гагарина.

вовал в разработке проектной и технической документации, в наземных и летных испытаниях космической техники. В 1983 г. получил степень кандидата технических наук. В 1984 г. зачислен в отряд космонавтов НПО "Энергия". А.Ю. Калери участвовал в четырех космических полетах на станцию "Мир" и МКС общей продолжительностью 610 сут и пять

раз работал в открытом космосе (суммарная длительность 23 ч 37 мин).

Олег Иванович Скрипочка (515-й астронавт мира, 107-й российский космонавт) родился 24 декабря 1969 г. в Невинномысске (Ставропольский край). Во время учебы в школе занимался в Запорожском экспериментальном отряде юных космонавтов им. В.М. Комарова. В 1993 г. окон-

чил МГТУ им. Н.Э. Баумана по специальности "Летательные аппараты". Будучи студентом, проходил постоянную производственную практику в НПО "Энергия", в 1987–1991 гг. был слесарем-испытателем, а затем техником в проектно-конструкторском отделе. Здесь он остался работать после окончания МГТУ в качестве инженера по разработке и эксплуатации наземного оборудования для пилотируемых и грузовых кораблей. В 1997 г. зачислен в отряд космонавтов РКК "Энергия". В качестве бортинженера тренировался в составе дублирующего экипажа по программе МКС-17.

Скотт Келли (Scott J. Kelly; 393-й astronaut мира, 247-й astronaut США) родился 21 февраля 1964 г. в г. Орандж (штат Нью-Джерси). В 1987 г. окончил Морской колледж при Университете штата Нью-Йорк и получил степень бакалавра в области электротехники. В 1989 г. прошел летную подготовку и стал летчиком-истребителем ВМС США. В 1994 г. окончил школу летчиков-испытателей ВМС США, после чего работал в Центре боевой авиации, налетав свыше 4 тыс. ч на самолетах более 30 типов. В 1986 г. в Университете штата Теннесси в городе Ноксвилл получил степень магистра в области авиационных систем.

В 1996 г. зачислен в отряд астронавтов NASA (одновременно со своим братом-близнецом Марком). Совершил два космических полета на кораблях "Дискавери" (STS-103) и "Индевор" (STS-118) общей продолжительностью 20 сут 17 ч.

Задачи 25-й основной экспедиции на МКС:

- прием двух кораблей "Спейс Шаттл", завершающих эту программу;

- обслуживание операций по загрузке и расстыковке корабля "Прогресс М-05М" от модуля "Пирс";

- прием и разгрузка грузовых кораблей "Прогресс М-07М и -08М";

- обслуживание операций по загрузке и расстыковке КК "Союз ТМА-19" от модуля "Рассвет" (возвращение трех членов экипажа экспедиции МКС-24/25);

- три выхода в открытый космос для ввода в работу модуля "Рассвет" и проведения его летно-конструкторских испытаний.

В ходе экспедиций МКС-25 и МКС-26 планируется выполнить 41 эксперимент в области медико-биологических, геофизических и технических исследований, изучения природных ресурсов и космических лучей, космических материаловедения и биотехнологии, в том числе 34 эксперимента начаты в предыдущих экспедициях, 7 новых. В програм-

му включены также экологический мониторинг Земли, образовательные и гуманитарные проекты.

25 сентября 2010 г. завершился 176-суточный полет экипажа 23-й основной экспедиции на МКС, в него вошли российские космонавты А.А. Скворцов, М.Б. Корниенко и женщина-астронавт Т. Колдвелл-Дайсон (США). Они совершили посадку на КК "Союз ТМА-18". В это время продолжался полет экипажа МКС-24 – командир Дуглас Уилкок (США), бортинженеры Фёдор Николаевич Юрчихин (Россия) и Шеннон Уолкер (США), стартовавшие 16 июня 2010 г. на КК "Союз ТМА-19" (на этом же корабле 26 ноября 2010 г. они вернулись на Землю). В ноябре 2010 г. на станции работал экипаж из шести человек – А.Ю. Калери, О.И. Скрипочка, Ф.Н. Юрчихин, С. Келли, Д. Уилкок и Ш. Уолкер. К ним в декабре прилетел на неделю КК "Дискавери" (STS-133) с экипажем из шести астронавтов, а 16 декабря – КК "Союз ТМА-20" с экипажем 26-й основной экспедиции – Д.Ю. Кондратьев (Россия), К. Колеман (США) и П. Неспולי (ESA, Италия).

*Пресс-релизы РКК
"Энергия" и ЦПК,
сентябрь – декабрь
2010 г.*

*Подготовил
С.А. Герасютин*

Ф.СП-1	АБОНЕМЕНТ																																			
	70336 (индекс издания)																																			
	на <u>газету</u> на <u>ж у р н а л</u>																																			
	Земля и Вселенная																																			
	(наименование издания)																																			
	на ____ год по месяцам:																																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																								
	Куда (почтовый индекс) (адрес)																																			
Кому (фамилия, инициалы)																																				
	ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА																																			
	70336 (индекс издания)																																			
	на <u>газету</u> на <u>ж у р н а л</u>																																			
	Земля и Вселенная																																			
	(наименование издания)																																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="width: 10%; font-size: x-small;">Стои- мость</td> <td rowspan="2" style="width: 10%; font-size: x-small;">подписки пере- адресовки</td> <td style="width: 20%; font-size: x-small;">____ руб. ____ коп.</td> <td rowspan="2" style="width: 10%; font-size: x-small;">Количество комплектов</td> <td rowspan="2" style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">____ руб. ____ коп.</td> </tr> </table>												Стои- мость	подписки пере- адресовки	____ руб. ____ коп.	Количество комплектов		____ руб. ____ коп.																		
	Стои- мость	подписки пере- адресовки	____ руб. ____ коп.	Количество комплектов																																
			____ руб. ____ коп.																																	
	на ____ год по месяцам:																																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td> </tr> </table>												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																									
Куда (почтовый индекс) (адрес)																																				
Кому (фамилия, инициалы)																																				

Дорогие читатели!

*Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”
(I полугодие 2011 г.) во всех отделениях связи.
Подписной индекс – 70336.*

**Заведующая редакцией Г.В. Матросова
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин**

Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина

Литературный редактор О.Н. Фролова

Оператор ПК Н.Н. Токарева

Корректор Г.В. Печникова

Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 01.11.2010. Подписано в печать 16.12.2010. Формат бумаги 70 × 100¹/₁₆
Офсетная печать. Уч.-изд.л. 12,3 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отг. 3,9 тыс. Бум.л. 3,5
Тираж 415 Зак. 889

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”,
117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 119991, Москва, Мароновский пер., 26

Телефоны: (факс) (499) 238-42-32, 238-29-66

E-mail: zevs@naukaran.ru

Оригинал-макет подготовлен АИЦ “Наука” РАН

Отпечатано в ППП “Типография “Наука”,
121099 Москва, Шубинский пер., 6

Извержение вулкана Эйяфьятль в Исландии





"НАУКА"
Индекс 70336